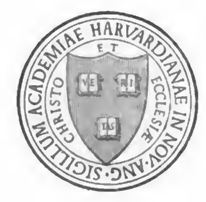
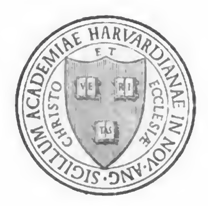
Naturgeschic... einer kerze

Michael Faraday


SIGILLUM ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV·ANG·
CHRISTO ET ECCLESIAE
VE RI TAS


SIGILLUM ACADEMIAE HARVARDIANAE IN NOV·ANG·
CHRISTO ET ECCLESIAE
VE RI TAS



Urtheile der Presse
über die
erste Auflage von Faraday, Naturgeschichte einer Kerze.

Mit dem Wissen und Können des Meisters in den Naturwissenschaften und mit dem pädagogischen Verständniß eines Jugendlehrers sind diese Vorträge gehalten.

(Literarisches Centralblatt.)

Ein treffliches kleines Buch, in welchem Faraday, der Mann aus dem Volke, zu dem Volke spricht. — Es ist für die Jugend geschrieben, aber auch das reifere Alter wird nicht leer ausgehen beim Durchlesen dieser Schrift.

(Gaea.)

Ein Büchlein, das in anmuthigem Stil eine Anzahl physikalischer und chemischer Lehren giebt. Die Versuche werden so anschaulich vorgeführt, daß selbst der Ungeübte sie anstellen lernt, und so giebt das Werk eine recht passende und belehrende Unterhaltung für die reifere Jugend.

(Centralblatt für die pädagog. Literatur.)

Das billige Buch können wir angelegentlich zur Lektüre für die reifere Jugend empfehlen und selbst manchem Lehrer dürfte es sehr willkommen sein.

(Deutsche Schulzeitung.)

In der Jugendbibliothek wie im Lesezirkel der Lehrerkonferenz ist die kleine Schrift an ihrem Platze.

(Schweizerische Lehrer-Zeitung.)

Jede Jugend- und Volksbibliothek muß diese Vorlesungen in die Rubrik A unbedingt guter Schriften zur Anschaffung vermerken.

(Schulblatt der Prov. Sachsen.)

Das Buch ist vortrefflich als erste Grundlage der Chemie, für ein tieferes denkendes Eingehen in die erste Begründung dieser Wissenschaft. Und wer überhaupt Lust hat, sich naturwissenschaftlich belehren zu lassen, der wird von dem Lesen des Buches lebhaft angezogen und auf das angenehmste unterhalten sein.

(Blätter für Literarische Unterhaltung.)

Wenn ein gebildeter Vater oder die Mutter das Buch aufmerksam mit den Kindern liest und dabei alle Versuche anstellt, die der Verfasser beschreibt, so wird etwas ganz Erkleckliches dabei herauskommen.

(**Pädagog. Jahresbericht.**)

Es giebt in der naturwissenschaftlichen Literatur eine Anzahl Schriften, welche man ohne besondere Uebertreibung zugleich volksthümlich und klassisch nennen kann. Hierhin gehört auch das vorliegende. Die klare, im wahren Sinne allgemein verständliche Darstellung, die gebildete Sprache und die 35 ungemein belehrenden Holzschnitte geben dem Büchelchen einen Werth, welcher über den eigentlichen Rahmen, die Beschreibung einer Wachskerze, bedeutend hinausgeht.

(**Magazin für die Literatur des Auslandes.**)

Ein tüchtiges Stück Verallgemeinerung der Wissenschaft, die Klarheit des Vortrags und die Bilder ergänzen sich gegenseitig, den Inhalt verständlich und greifbar zu machen.

(**Ueber Land und Meer.**)



Michael Faraday.

Naturgeschichte einer Kerze.

[illegible]

für die Jugend.

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Berlin.

Verlag von Robert Oppenheim.

[illegible]



Michael Faraday,

Naturgeschichte einer Kerze.

Sechs Vorlesungen

für die Jugend.

Zweite, durchgesehene Auflage.

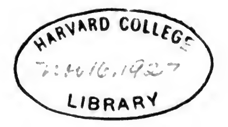
Mit einem Lebensabriß Faraday's,

herausgegeben von

Richard Meyer.

Nebst einem Bildniß Faraday's und 35 Holzstichen.

Berlin,
Verlag von Robert Oppenheim.
1884.





Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorbemerkung zur zweiten Auflage.

Michael Faraday's „Naturgeschichte einer Kerze" wird hiermit der jungen Leserwelt in einer neuen Auflage übergeben. Gern willigte der Unterzeichnete ein, die ihm von der Verlagshandlung angetragene Herausgabe zu übernehmen, welche der ursprüngliche Uebersetzer zu besorgen nicht in der Lage war. Selbstverständlich wurde der Text einer sorgfältigen Durchsicht, insbesondere einer Vergleichung mit dem englischen Original unterworfen, wobei ziemlich vielfache Abänderungen nöthig waren. Die frische, lebendige und, man darf wohl sagen, naive Darstellungsweise Faraday's suchte man überall so getreu als möglich wiederzugeben. Ganz streng ließ sich freilich die Anlehnung an das Original nicht immer durchführen. Faraday hat seine Vorträge nicht niedergeschrieben, sondern frei gehalten, und das Büchlein verdankt seine Entstehung den raschen Aufzeichnungen eines Zuhörers. Dieser Ursprung giebt sich vielfach sehr vortheilhaft zu erkennen; zuweilen aber hatte er auch offenbare Unklarheiten zur Folge, und in solchen Fällen hielt es der Herausgeber für seine Pflicht, die verbessernde Hand an das ihm sonst als unverletzlich geltende Original zu legen. Hier und da wurde auch eine knappe erläuternde Anmerkung angebracht.

Das vorangestellte kurze Lebensbild Faraday's wird von den jugendlichen Lesern, für welche ja immer das Persönliche von besonderem Interesse ist, nicht ungern entgegengenommen werden. Die seltenen Charaktereigenschaften des Mannes, welche seiner hohen wissenschaftlichen Bedeutung würdig zur Seite stehen, machen ihn zu einem wahren Vorbilde für die Jugend, und die Mittheilung seines Entwickelungsganges erschien daher auch vom pädagogischen Standpunkte aus gerechtfertigt. Als Quelle dienten hauptsächlich die pietätvollen Aufzeichnungen über Faraday, welche von seinem jüngeren Freunde Tyndall herausgegeben worden sind*), und welche außer einer Fülle von persönlichen Erinnerungen einen wahren Schatz von brieflichen Aufzeichnungen aus der Feder des großen Mannes selbst enthalten. — Auch das Bildniß Faraday's, dessen ausdrucksvolle Züge das innere Feuer und die wahre Herzensgüte, welche in seiner Seele neben einander wohnten, so getreulich wiederspiegeln, ist eine Bereicherung der neuen Auflage.

Uebrigens sei das Büchlein nicht nur der Jugend, sondern auch den Eltern und ganz besonders den Lehrern empfohlen. Die letzteren werden sowohl in der Darstellung als auch in den oft mit so einfachen Mitteln angestellten Versuchen manchen werthvollen Fingerzeig finden.

Chur, im September 1883.

Richard Meyer.

*) Faraday und seine Entdeckungen, eine Gedenkschrift von John Tyndall; deutsch herausgegeben von H. Helmholtz. Braunschweig bei Friedr. Vieweg und Sohn. 1870.

Inhalt.

Fünfte Vorlesung.

Sechste Vorlesung.

Michael Faraday.

Der Name Michael Faraday gehört einem der seltenen Geister an, welche der Menschheit neue Bahnen auf dem Gebiete der Naturwissenschaft eröffnet haben. Aber Michael Faraday war nicht nur ein großer Naturforscher: er war zugleich auch ein guter und edler Mensch, der seine Mitmenschen, und nicht am wenigsten die Jugend liebte. Gern stieg er selbst zu den Kindern herab, um ihnen in seiner schlichten und herzerfreuenden Weise aus dem reichen Schatze seines Wissens goldene Früchte zu bieten. Darum wird es gut sein, wenn wir den Mann, von dem man so treffliche Dinge lernen kann, auch selbst ein wenig kennen lernen. Es soll daher in den folgenden Zeilen einiges aus seinem Leben erzählt werden.

Michael Faraday war ein Mann, der Alles, was er wurde und leistete, seiner eigenen Kraft verdankte, ein self made man, wie die Engländer sagen, in des Wortes edelster Bedeutung. Er war der Sohn eines armen Grobschmiedes, den sein Vater nur das Nothwendigste lernen lassen konnte, und der schon als

Knabe genöthigt war darauf zu denken, wie er so bald als irgend möglich sein Brod verdienen könnte. So wurde er denn frühzeitig zu einem Buchbinder in die Lehre gethan, und er dachte nicht anders, als daß er in diesem Berufe sein Glück machen würde. Aber er brachte es nicht übers Herz, die Bücher, die er zu binden hatte, nur von außen anzuschauen; er blickte hinein, und er fand darin vieles, was ihn wundersam anzog. Insbesondere waren es die einfachsten Erscheinungen der Chemie, die seine Einbildungskraft mächtig ergriffen. Sie trieben ihn frühzeitig dazu, mit den allergeringsten Mitteln, und so gut er es vermochte, Versuche anzustellen, um sich von der Wahrheit dessen, was die Bücher ihm erzählten, durch eigene Anschauung zu überzeugen. So wurde aus dem armen Buchbinderlehrling unvermerkt ein kleiner Naturforscher. Faraday dachte wohl zuerst nicht daran, daß diese Studien etwas anderes als eine Liebhaberei sein könnten. Aber immer mächtiger ergriffen sie ihn; und endlich vermochte er dem innern Trieb nicht zu widerstehen: er vertauschte die Werkstatt des Buchbinders mit dem Laboratorium des Chemikers. Das ging nun freilich nicht so leicht; er mußte ganz von unten anfangen: als einfacher Hülfsarbeiter begann er die Laufbahn des Naturforschers. Aber nachdem er sie einmal betreten, hat er rasch, gestützt auf sein großes Talent, jedoch fortwährend mit eisernem Fleiße bemüht, seine Kenntnisse zu erweitern, bald größere und größere

Erfolge errungen, bis er endlich eine Stufe erstieg, welche zu betreten nur wenigen Auserwählten beschieden ist. Jetzt, nachdem er schon eine Reihe von Jahren nicht mehr unter den Lebenden weilt, wird sein Name von den Männern der Wissenschaft mit Verehrung genannt; diejenigen aber, denen es vergönnt war, ihn im Leben zu kennen, oder gar ihm nahe zu stehen, sprechen von ihm mit einer Begeisterung, welche nur die wahrste Herzensgüte und die edelste Lauterkeit des Charakters zu erwecken vermag.

Michael Faraday wurde als das dritte Kind des Grobschmiedes James Faraday am 22. September 1791 zu Newington Butts in Surrey (Süd-London) geboren. Seine Mutter, Margaret, war die Tochter eines Pächters Namens Hestwell in der Nähe von Kirkby-Stephen. Die Eltern erfüllte ein tief religiöser Sinn; sie gehörten der kleinen christlichen Secte der „Sandemanianer" an, und dieser ist er selbst während seines ganzen Lebens treu geblieben. — Fast zehn Jahre lang war seine Heimath eine über Stallungen gelegene Wohnung in einer Seitengasse; seine Erziehung war, wie er selbst berichtet, von der gewöhnlichsten Art und beschränkte sich fast nur auf die Anfangsgründe des Lesens, Schreibens und Rechnens; seine Freistunden brachte er zu Hause oder auf der Straße zu.

Im Jahre 1804 trat er, dreizehn Jahre alt, zuerst zur Probe als Lehrling in den Buchladen von

George Riebau; nach einem Jahre wurde er definitiv, und der von ihm geleisteten Dienste wegen unentgeltlich angenommen. Wie ernst er es mit seiner Arbeit nahm, davon giebt ein Brief seines Vaters aus dem Jahre 1809 Zeugniß, welcher schreibt:

„Michael ist Buchbinder und im Erlernen seines Geschäftes sehr eifrig. Von seinen sieben Dienstjahren sind fast vier verstrichen. Sein Principal und dessen Frau sind sehr brave Leute und seine Stelle gefällt ihm gut. Anfangs hatte er eine schwere Zeit durchzumachen, aber, wie das alte Sprichwort sagt: Jetzt hat er den Kopf über Wasser, da er zwei andere Knaben unter sich hat."

In diese Zeit fallen seine ersten chemischen Studien. Er las Schriften über Physik und Chemie und machte Experimente, welche sich mit einigen Pence*) wöchentlicher Einnahme bestreiten ließen. Immerhin war es ihm möglich, eine einfache Electrisirmaschine und einige andere electrische Apparate zu construiren. Auch hörte er gelegentlich Vorlesungen über Physik, welche ein Herr Tatum in den Abendstunden hielt; sein Meister ertheilte ihm dazu die Erlaubniß, und sein um drei Jahre älterer Bruder, der wie der Vater Grobschmied war, schenkte ihm zu mehreren das Eintrittsgeld. Später hatte er auch das Glück, einige Vorträge des damals schon hochberühmten Chemikers Sir Humphry Davy zu hören, desselben, welcher ihm später

*) 1 Penny = 10 Pfennige; Pence ist die Mehrzahl von Penny.

den Eintritt in die wissenschaftliche Laufbahn erschloß und der dann sein langjähriger Lehrer und Vorgesetzter wurde. Er arbeitete diese Vorlesungen aus und erläuterte die Experimente durch Zeichnungen. Hierzu hatte er sich durch besondere Studien befähigt, da er unter der Anleitung eines Herrn Masquerier eifrig Perspective getrieben hatte. — Damals machte Faraday auch einen ersten Versuch, seiner Thätigkeit eine seinem inneren Triebe entsprechende Richtung zu geben.

„Der Wunsch, wissenschaftlich beschäftigt zu sein" — so schreibt er, „veranlaßte mich in meiner Unkenntniß der Welt und in der Einfalt meines Gemüthes, noch als Lehrling an Sir Joseph Banks, damaligen Präsidenten der „Royal Society", zu schreiben. Ich erkundigte mich bei dem Portier nach einer Antwort, aber natürlich vergebens."

Mit welcher Begeisterung er in diesem jugendlichen Alter wissenschaftliche Gegenstände ergriff — er war damals 21 Jahre alt —, zeigt recht deutlich die folgende Stelle aus einem Briefe an seinen Jugendfreund Benjamin Abbott, einem Quäker, mit dem er eine sehr lebhafte Correspondenz unterhielt:

„Ich finde keinen anderen Gegenstand, über den ich schreiben könnte, als das Chlor.*) Erstaunen Sie nicht, mein lieber A., über den Eifer, mit welchem ich diese neue Theorie ergreife.

---

*) Das Chlor ist einer der sogenannten chemischen Grundstoffe, wie Schwefel, Kohle 2c., aus denen alle Körper zusammengesetzt sind. Es ist z. B. ein Bestandtheil des gewöhnlichen Kochsalzes.

Ich habe Davy selbst darüber sprechen hören. Ich habe ihn Experimente (entscheidende Experimente) zur Erklärung derselben anstellen sehen und ich habe ihn diese Experimente auf die Theorie, in einer für mich unwiderstehlichen Weise, anwenden und erklären und geltend machen hören. Lieber Freund, Ueberzeugung ergriff mich, ich war gezwungen ihm zu glauben, und dem Glauben folgte Bewunderung."

Im October 1812 war Faraday's Lehrzeit beendigt und er ging als Buchbindergeselle zu einem Herrn de La Roche. Dieser war ein heftiger Mann und plagte seinen Gehülfen so sehr, daß Faraday diese Stelle bald unleidlich wurde. Er fühlte sich sehr gedrückt: zur Pflege seiner wissenschaftlichen Bestrebungen blieb ihm so gut wie keine Zeit, und obwohl sein Meister ihn persönlich gern mochte und ihm für die Zukunft die lockendsten Versprechungen machte, so entschloß er sich doch bald, seine Lage wenn möglich zu ändern. Er schickte Davy die Ausarbeitungen ein, die er nach dessen Vorträgen gemacht hatte, und bat ihn, er möchte ihm die Möglichkeit verschaffen, sich der Wissenschaft zu widmen. Davy zeigte den Brief seinem Freunde Pepys und fragte ihn um seine Meinung, was er für den jungen Mann thun könne. — „Thun?" erwiderte Pepys, „lassen Sie ihn Flaschen schwenken. Taugt er etwas, so wird er sofort darauf eingehen; weigert er sich, so taugt er nichts." — „Nein, nein," sagte Davy, „wir müssen ihn zu etwas Besserem verwenden." — Und er verwendete ihn zu etwas Besserem;

denn auf seinen Antrag wurde Faraday am 13. März 1813 zu seinem Assistenten ernannt. Als sich später zeigte, welchem Genie er durch seine Hülfeleistung den Weg geebnet hatte, erinnerte sich Davy gern und mit berechtigtem Stolze jenes ersten Schrittes, und er sagte einst, die schönste Entdeckung, die er gemacht habe, sei Faraday gewesen.

So war denn Faraday Assistent am chemischen Laboratorium der „Royal Institution“ in London, einer Anstalt, deren Hauptzweck es ist, die Kenntniß der Naturwissenschaften durch leichtfaßliche, von Experimenten begleitete Vorträge in möglichst weite Kreise zu tragen. An diesem Institute wirkte er bis zum Ende seines Lebens, da er später der Nachfolger Davy's als Director des chemischen Laboratoriums wurde.

Mit seiner Anstellung an der Royal Institution begann für Faraday ein neues Leben: die Wissenschaft war ihm nun zum Beruf geworden, und man kann sich leicht vorstellen, mit welcher Energie sich sein lebhafter und zugleich so nachhaltig ausdauernder Geist ihrem Dienste widmete. Aber er fühlte das Bedürfniß, seine im Ganzen dürftige Ausbildung auch nach anderen Richtungen zu ergänzen; denn er sagte sich mit Recht, daß es nicht genügt, ein tüchtiger Gelehrter in seinem Fache zu sein, sondern daß es auch noch der Kenntnisse und Fertigkeiten auf anderen Gebieten der menschlichen Bildung bedürfe. Er fand Nahrung für dieses Streben,

indem er im Jahre 1813 in die „City philosophical Society“ eintrat, ein Verein, welcher 30—40 Mitglieder aus den niederen oder mittleren Ständen zählte. Man kam jeden Mittwoch Abend zusammen, um theils in selbstgehaltenen Vorträgen, theils in freien Discussionen gegenseitige Belehrung zu suchen. Die Gesellschaft trat sehr anspruchslos auf, aber ihre Leistungen waren, wie Faraday selbst sagte, von großem Werthe für die Mitglieder. — Später trat er in Gemeinschaft mit etwa sechs Personen, welche größtentheils der „City philosophical Society“ angehörten, zu einem engeren Verbande zusammen. Sie trafen sich Abends „um zusammen zu lesen, und gegenseitig ihre Aussprache, sowie ihren Satzbau zu beurtheilen, zu verbessern und zu vervollkommnen. Die Disciplin war — wie Faraday erzählt — kräftig, die Bemerkungen sehr aufrichtig und offen und die Resultate sehr werthvoll“. Diese Gesellschaft erhielt sich mehrere Jahre hindurch.

Im Uebrigen finden wir ihn eifrig mit chemischen Arbeiten beschäftigt. Bei Gelegenheit derselben machte er sehr bald an sich die Erfahrung, daß die Wissenschaft von denen, die sich ihrem Dienste widmen, unter Umständen den Muth und die Opferfreudigkeit des Soldaten verlangt. Mit Versuchen über die explosive Verbindung des Chlors mit dem Stickstoff beschäftigt, erlebte er nicht weniger als vier Detonationen, deren eine ihm einen Theil eines Nagels abriß und die Finger

auch sonst derartig verwundete, daß er sie längere Zeit nur mühsam gebrauchen konnte. Nur der Umstand, daß sein Gesicht bei diesen Versuchen durch eine gläserne Maske geschützt war, bewahrte ihn vor weit gefährlicheren Verletzungen.

Bald sollten indessen diese Arbeiten eine längere Unterbrechung erfahren. Schon im October desselben Jahres, in welchem er seine Stelle an der Royal Institution angetreten hatte, unternahm H. Davy eine größere Reise ins Ausland und Faraday begleitete ihn auf derselben. Die Reise erstreckte sich über Frankreich, Italien, die Schweiz, Tyrol 2c. und dauerte bis zum April des Jahres 1815. Faraday erweiterte durch dieselbe seine Kenntnisse und seinen Gesichtskreis. Aber sie brachte ihm auch mancherlei Unannehmlichkeiten, da er genöthigt war, eine Menge untergeordneter Dienstleistungen zu verrichten, zu denen er eigentlich nicht verpflichtet war, und gegen die sich sein Unabhängigkeitssinn und sein damals schon erwachtes berechtigtes Selbstgefühl auflehnten. Besonders hatte er in dieser Hinsicht von Lady Davy zu leiden. Die täglichen Plagen waren doch so empfindlich, daß er mehrere Male drauf und dran war, eiligst nach Hause zurückzukehren. Aber der Wunsch nach Ausbildung hielt ihn zurück.

„Ich habe gerade genug gelernt" — schreibt er am 16. September 1814 an seinen Freund Abbott — „um meine Unwissenheit zu erkennen; ich schäme mich meiner allseitigen Mängel und wünsche, die Gelegenheit, denselben ab-

zuhelfen, jetzt zu ergreifen. Die wenigen Kenntnisse, die ich mir in Sprachen erworben habe, machen den Wunsch in mir rege, mehr von denselben zu wissen, und das Wenige, was ich von Menschen und Sitten gesehen, ist gerade genug, um es mir wünschenswerth erscheinen zu lassen, mehr zu sehen. Hierzu kommt die herrliche Gelegenheit, deren ich mich erfreue, mich in der Kenntniß der Chemie und anderer Wissenschaften fortwährend zu vervollkommnen, und dies bestimmt mich, die Reise mit Sir Davy bis zu Ende mitzumachen."

Daß Faraday die gebotene Gelegenheit in ausgiebigster Weise benutzte, wird man sich denken können. Wie sehr sein Blick auf Alles, selbst das kleinste gerichtet war, zeigt eine Aufzeichnung, datirt Dreux, den 28. October, welche ich mir nicht versagen kann, hier folgen zu lassen. Sie lautet:

„Ich kann nicht umhin, einem Thiere, das hier zu Lande vorkommt, einen Ausruf der Bewunderung zu widmen: nämlich den Schweinen. Zuerst war ich geradezu über ihre Natur zweifelhaft, denn obgleich sie zugespitzte Nasen, lange Ohren, seilartige Schwänze und gespaltene Klauen haben, so scheint es doch unglaublich, daß ein Thier, welches einen langgestreckten Körper, aufwärts gewölbten Rücken und Bauch, schmächtige Seiten, lange, dünne Beine hat und fähig ist, unsern Pferden ein bis zwei Meilen vorzulaufen, irgendwie mit dem fetten Schweine England's verwandt sein könne. Als ich zuerst ein solches in Morlaix sah, fuhr es so plötzlich auf und wurde durch die Störung so behende in seinen Bewegungen und unseren Schweinen in seinen Geberden so unähnlich, daß ich mich nach einem zweiten Geschöpfe derselben Gattung umsah, ehe ich zu entscheiden wagte, ob es ein normales oder außergewöhnliches Product der Natur sei. Aber ich finde sie alle gleich

und was ich in der Ferne für ein Windspiel gehalten hätte, bin ich, bei näherer Besichtigung, genöthigt, als Schwein anzuerkennen."

· Diese harmlose Beobachtung, und ganz besonders die Art, wie er sich ihrer Richtigkeit versicherte, zeigt uns, wenn auch bei geringfügigem Anlasse, den echten Naturforscher.

Nach $1^1/_2$jähriger Abwesenheit kehrte Faraday nach London zurück. Seine Arbeiten mehrten sich rasch. Er hatte vor allem H. Davy bei seinen wissenschaftlichen Untersuchungen und bei den seine Vorträge begleitenden Experimenten zu unterstützen. Daneben aber beschäftigte er sich mit eigenen Arbeiten. Im Januar 1816 begann er seine Thätigkeit als Lehrer mit einer größeren Reihe von chemischen Vorträgen. Anfangs arbeitete er sie ganz aus; bald aber genügten ihm kurze Notizen als Erinnerungszeichen für die wichtigsten Punkte, die er zu besprechen hatte, während der Vortrag selbst in freier Rede bestand. Auch eine schriftstellerische Thätigkeit begann er um diese Zeit, da ihm die Redaction einer bedeutenden wissenschaftlichen Zeitschrift, des „Quaterly Journal of Science" übertragen wurde. Die Arbeitslast muß damals eine recht große gewesen sein. Denn in einem Briefe an seinen Freund Abbott entschuldigt er seine mangelhafte Correspondenz damit, und bezeichnet ausdrücklich seinen Beruf als „Geschäft". Erst Neun Uhr Abends verließ er das Laboratorium. „Aber," schreibt er, „verstehen Sie

mich wohl, ich klage nicht; je mehr ich zu thun habe, desto mehr lerne ich; ich wünsche nur, Ihnen den Eindruck zu nehmen, als wäre ich faul — ein Argwohn, der übrigens, wie mich eine kurze Ueberlegung lehrt, nie vorhanden sein kann." — Die letztere Bemerkung zeigt, daß es Faraday nicht an wohlberechtigtem Selbstbewußtsein fehlte. Wir werden davon noch weitere Beweise erhalten.

Im Jahre 1816 hat Faraday auch eine erste eigene Untersuchung veröffentlicht, und zwar in dem Quaterly Journal. Es war eine Analyse einer Art natürlichen kaustischen Kalks von Toscana, welchen die Herzogin von Montrose an Davy geschickt hatte. Faraday selbst schrieb später darüber:

„Es war meine erste Mittheilung an das Publikum und sie war für mich in ihren Resultaten sehr wichtig. Sir Humphry Davy gab mir als ersten chemischen Versuch diese Analyse, zu einer Zeit, wo meine Furcht größer war als mein Selbstvertrauen, und beide weit größer als meine Kenntnisse, und zu einer Zeit, wo mir der Gedanke an eine selbständige wissenschaftliche Arbeit noch nie in den Sinn gekommen war. Die Beifügung der Anmerkungen Sir Humphry's und die Veröffentlichung meiner Arbeit ermuthigten mich fortzufahren und von Zeit zu Zeit andere unbedeutende Mittheilungen zu machen. Ihre Uebertragung aus dem Quaterly in andere Journale vermehrte meine Kühnheit und jetzt, da 40 Jahre verflossen sind, und ich auf die Resultate der ganzen Reihe der Mittheilungen zurückblicken kann, hoffe ich noch, so sehr sich auch ihr Charakter verändert hat, weder jetzt, noch vor 40 Jahren zu kühn gewesen zu sein."

Dieser ersten selbständigen Arbeit folgten bald weitere, welche zwar noch nicht von epochemachender Bedeutung waren, immerhin aber Zeugniß gaben von seiner scharfen Denkkraft und seinem erfinderischen Geiste. — Im Jahre 1821 verheirathete er sich mit Sarah Barnard. In seiner Gewissenhaftigkeit wünschte er den Tag seiner Vermählung wie jeden andern betrachtet zu sehen, und er beleidigte einige nahe Verwandte dadurch, daß er sie nicht zur Hochzeit einlud. In einem Briefe, den er an die Schwester seiner Frau vor der Hochzeit schrieb, sagt er:

„Auch nicht durch die Vorgänge eines einzelnen Tages soll Unruhe, Lärm oder Hast veranlaßt werden. Aeußerlich wird der Tag wie alle anderen vergehen, denn es genügt, daß wir im Herzen Freude erwarten und suchen."

Wie sehr die hier ausgesprochene Hoffnung sich erfüllte, zeigt eine Notiz, die Faraday selbst viel später niederschrieb, und welche sich in einer Sammlung amtlicher, auf sein Leben bezüglicher Papiere vorfand:

„25. Januar 1847: Unter diesen Aufzeichnungen und Begebenheiten trage ich hiermit das Datum eines Ereignisses, ein, welches mehr als alle übrigen eine Quelle von Ehre und Glück für mich wurde. Wir wurden getraut am 12. Juni 1821."

Es waren Faraday von nun an über vierzig Jahre des Glückes, der Zufriedenheit und der rastlosesten Arbeit beschieden. Von seinen äußeren Schicksalen ist wenig mehr zu berichten: sein Leben floß fortan ruhig dahin, er vertauschte die erste Stätte seines Wirkens

mit keiner andern. Seine Arbeit aber war von einem geradezu beispiellosen Erfolge. Es würde kaum möglich sein, die Zahl der Entdeckungen anzugeben, die er gemacht hat. Und was für Entdeckungen! Einzelne von ihnen sind derart, daß sie allein genügen würden, einen unvergänglichen wissenschaftlichen Ruhm zu begründen. Er erschloß ganze und große neue Gebiete des Wissens. Aber er begnügte sich niemals damit, eine neue Erscheinung aufzufinden; er verfolgte den Gegenstand nach allen Richtungen mit unerschöpflichem Scharfsinne und nie ermüdeter Beharrlichkeit; und er ruhte nicht eher, als bis Thatsache an Thatsache sich reihte, bis endlich aus der Fülle der einzelnen Erscheinungen ein klar erkennbarer Zusammenhang, ein Naturgesetz hervorleuchtete.

Diese Erfolge wurden hauptsächlich durch zwei große Eigenschaften bedingt: er war ein tiefer Denker und ein großer Experimentator; zudem war er — bei aller heitern Ruhe seines Wesens — eine tief ernste Natur. Seine Gewissenhaftigkeit erlaubte ihm erst von einem Gegenstande abzulassen, wenn er, soweit es seine Mittel zuließen, nach allen Richtungen hin erschöpft war. Seine Denkarbeit war keine streng geordnete. Die Ideen zu seinen Versuchen kamen ihm meist scheinbar plötzlich wie durch eine Eingebung, und er selbst wußte die Gedankenverbindung, die ihn dazu geführt hatte, später selten klar anzugeben. — Das Experimentirzimmer aber war seine eigentliche Heimath.

Ein wohlgelungener Versuch versetzte ihn in Entzücken; und wenn er in dem Ergebniß desselben gar die Bestätigung einer auf Grund früherer Versuche gehegten Vermuthung fand, so fühlte er eine Freude, die ihm nur nachempfinden kann, wer selbst, wenn auch in viel bescheidenerem Grade, ähnliche Freuden erlebt hat.

Leider muß es mir versagt bleiben, die gewaltige Lebensarbeit des großen Mannes ihrem eigentlichen Inhalte nach zu schildern. Ich müßte dazu chemische und physikalische Kenntnisse voraussetzen, welche nur durch gründliches Studium erworben werden können. Aber ganz übergehen dürfen wir diese großartigen Entdeckungen nicht, und deshalb will ich versuchen, durch einige Andeutungen wenigstens einen Begriff ihrer Tragweite zu geben.

Faraday's Arbeiten bewegten sich fast ausschließlich auf dem Gebiete der Electricität. Sie erstreckten sich freilich von hier aus auch auf die übrigen Zweige der Physik, aber nur insofern diese mit den electrischen Erscheinungen im Zusammenhang stehen. Nur auf chemischem Gebiete hat er einige wichtige Untersuchungen ausgeführt, welche von seinen electrischen Arbeiten unabhängig sind; sie fallen zum größten Theil in die ersten Jahre seiner wissenschaftlichen Thätigkeit, während er noch Davy's Assistent war. — Von besonderer Bedeutung ist auch eine Untersuchung, welche sich auf dem höchst interessanten Grenzgebiete zwischen der Electricitätslehre und der Chemie bewegt.

Vor allem muß Faraday genannt werden als der Entdecker einer eigenthümlichen Art von electrischen Strömen, welche man als Inductionsströme zu bezeichnen pflegt. Er wurde damit der Begründer eines ganz neuen Zweiges der Electricitätslehre, auf welchem durch ihn und später durch andere Physiker die staunenswerthesten Früchte gepflückt wurden. Diese wichtige Entdeckung ist keineswegs ein Werk des Zufalles gewesen. Vielmehr wurde Faraday durch Nachdenken über andere bekannte electrische Erscheinungen auf eine ganz bestimmte Vermuthung geführt, und er ruhte nicht, bis das Experiment ihm die Richtigkeit dieser Vermuthung gezeigt hatte. — Die Inductionselectricität ist nicht nur von außerordentlichem Interesse für die Wissenschaft; sie hat im Laufe der Zeit auch die wichtigsten Anwendungen im praktischen Leben gefunden. Zunächst in der Medicin. Die Heilerfolge der electrischen Behandlungsmethode beruhten anfangs ausschließlich und noch jetzt zum größeren Theile auf einer Verwerthung der Faraday'schen Inductionsströme. — Das Telephon läßt uns die Stimme eines fernen Freundes vernehmen vermittelst der Inductionsströme, welche durch die Schwingungen eines dünnen Eisenblättchens erzeugt werden. — Das electrische Licht blieb, so lange man es mit gewöhnlichen electrischen Strömen erzeugte, eine außerordentliche, mehr das Staunen erweckende, als nützliche Erscheinung. Erst seitdem man die Inductionsströme Faraday's dafür verwendet, ist

es zu der eminenten praktischen Bedeutung gelangt, von der jetzt alle Welt erfüllt ist. — Aehnlich ging es mit den Versuchen, die Electricität als Triebkraft zu verwenden. Zwar hat man schon längst electrische Maschinen construirt, welche Arbeiten verrichten, ähnlich den Dampfmaschinen. Aber es war eine viel zu kostspielige Arbeit, und Maschinen dieser Art wurden wohl in kleinem Maßstabe als wissenschaftliche Curiositäten hergestellt; eine nennenswerthe praktische Bedeutung haben sie nicht erlangt. Erst die Anwendung von Maschinen mit Inductionsströmen hat den ungeheuren Umschwung ermöglicht, der sich gegenwärtig vor unseren Augen vollzieht. Wenn es gelingen wird, mit Hülfe der Electricität die unerschöpflichen und meist noch unbenutzten Kräfte zu verwerthen, welche die zu Thal stürzenden Bäche, die dem Meere zufließenden Ströme bergen; wenn die Prophezeihungen derer sich erfüllen, welche den Anbruch eines neuen, eines electrischen Zeitalters leuchten sehen — so muß der Name Faraday genannt werden als der Name des Mannes, dessen unsterbliche Entdeckungen den sicheren Grund bilden, auf dem der kühne Bau errichtet wird.

Weniger in die Augen fallend, aber für die Wissenschaft nicht minder wichtig sind Faraday's Untersuchungen auf dem Gebiete des Magnetismus. Seinem denkenden Geiste widerstrebte die Annahme, daß diese geheimnißvolle Kraft auf das Eisen beschränkt sein sollte, wie man früher glaubte. Und seine rastlosen Versuche

zeigten ihm, daß er sich nicht getäuscht hatte. Seit Faraday wissen wir, daß alle Materie magnetisch ist, wenn auch dem Eisen diese Kraft in weit höherem Maße innewohnt, als allen anderen Stoffen. Aber seine Versuche ergaben noch ein ganz anderes, unerwartetes Resultat: sie zeigten, daß es zwei verschiedene Arten von Magnetismus giebt, und daß jeder Körper entweder den gleichen Magnetismus besitzt wie das Eisen oder die zweite von ihm entdeckte Art. Diese letztere nannte er Diamagnetismus. — Auch an Krystallen beobachtete Faraday besondere magnetische Eigenschaften; und endlich entdeckte er höchst merkwürdige Einwirkungen der Magnete auf das Licht.

Vielen wird es bekannt sein, daß man mittelst des electrischen Stromes von körperlichen Gegenständen sogenannte galvanoplastische Abdrücke in Kupfer machen kann, worauf ein Verfahren der Vervielfältigung von Kunstgegenständen u. dergl. beruht. Auch dünne Metallüberzüge kann man in ähnlicher Weise erzeugen und macht davon bei der galvanischen Versilberung, Vergoldung, Vernickelung ꝛc. Gebrauch. Alles dieses sind sogenannte chemische Wirkungen des electrischen Stromes, und es giebt deren eine sehr große Zahl. Faraday fand das Naturgesetz auf, welches allen diesen Wirkungen zu Grunde liegt. Dasselbe ist nach ihm das Faraday'sche Gesetz genannt worden.

Die magnetischen und electrochemischen Untersuchungen Faraday's haben für die Wissenschaft ein ebenso

tiefes Interesse wie diejenigen der Inductionselectricität. Sie haben freilich ähnliche praktische Erfolge bisher nicht aufzuweisen wie diese. Sind sie deshalb weniger werthvoll? Auf diese Frage giebt uns Faraday selbst — freilich mit Bezug auf einen andern, aber verwandten Gegenstand — die beste Antwort. Er erzählt uns von Benjamin Franklin, daß er auf die Frage, wozu eine wissenschaftliche Entdeckung nütze, zu sagen pflegte: „Wozu nützt ein kleines Kind?“ Und er giebt selbst die Antwort: „Bemüht euch, es nützlich zu machen!“ — Ist es aber nicht auch ein Nutzen, wenn das Wissen des Menschen und damit sein Gesichtskreis sich erweitert? Wenn der tiefere Einblick in den Gang der Weltordnung Geist und Gemüth erhebt?

Faraday hat außer den kurz angeführten noch viele herrliche Entdeckungen gemacht. Sie schienen ihm wie von selbst zuzuströmen: aber in Wahrheit war eine jede durch die äußerste Anstrengung aller seiner Kräfte erkämpft. So konnte es denn auch nicht ausbleiben, daß endlich ein Zustand der Erschöpfung eintrat. Schon gegen Ende der dreißiger Jahre mußte er oftmals seine Arbeit unterbrechen und Erholung in der erquickenden Wirkung ländlicher Ruhe suchen. Häufig war er tagelang nicht im Stande mehr zu thun, als am offenen Fenster sitzend das Meer und den Himmel anzusehen, und nur der liebevollen Fürsorge seiner Frau ist es zu verdanken, daß er seinen Freunden und der Wissenschaft doch so lange erhalten blieb. — Im Jahre

1841 verschlimmerte sich sein Zustand derartig, daß er zu einer längeren Unterbrechung seiner Thätigkeit gezwungen war. Er suchte und fand Stärkung in einer Reise in die Schweiz. Wie sehr ihn diese gekräftigt hat, zeigt die Thatsache, daß viele seiner schönsten Entdeckungen nach derselben gemacht worden sind. Er lebte und wirkte noch bis in die Mitte der sechziger Jahre. 1866 trat ein bedeutendes Abnehmen der Kräfte ein, und am 25. August 1867 starb er zu Hampton Court, fast 76 Jahre alt.

Faraday war von der Natur mit seltenen Geistesgaben ausgestattet. Aber nicht diesen allein verdankte er die bewunderungswürdigen Erfolge seiner Forscherarbeit. Er war sich bewußt, daß große Gaben nicht genügen, um Großes zu leisten; sie sind im Gegentheil eine Verpflichtung, sie durch rastlosen Fleiß zu entwickeln und zu benutzen. Wer das nicht thut, der hat sie vergebens empfangen, er ist ein Verschwender des köstlichsten aller Güter. Auch im Reiche des Geistes gilt das schöne Wort: „Noblesse oblige.“ Nie wäre der arme Buchbinder zum großen Naturforscher geworden, hätte er das nicht beherzigt. Als unter seinem zweiten Lehrherrn seine Zeit fast ganz und gar durch die Berufsgeschäfte erschöpft wurde, schrieb er an den öfters genannten Abbott:

„Freiheit und Zeit habe ich womöglich noch weniger als zuvor, obgleich ich hoffe, daß meine Fähigkeit, sie zu benutzen,

nicht zugleich abgenommen hat. Ich weiß wohl, welche unverbesserlichen Uebelstände durch den Mißbrauch dieser Segnungen erwachsen. Diese ließ mich der gesunde Menschenverstand erkennen, und ich verstehe nicht, wie Jemand, der über seinen eignen Stand, seine eignen freien Beschäftigungen, Vergnügungen, Handlungen 2c. nachdenkt, dumm genug sein kann, um solchen Mißbrauch zu begehen. Ich danke dem Helfer, welchem aller Dank gebührt, daß ich im Allgemeinen kein übertriebener Verschwender der Segnungen bin, welche mir als Mensch geworden sind: ich meine Gesundheit, lebhaftes Gefühl, Zeit und zeitliche Hülfsmittel."

Sehr wesentlich wurde Faraday's Leistungsfähigkeit noch durch seinen außergewöhnlichen Ordnungssinn erhöht. Von dieser Eigenschaft schreibt sein Freund Tyndall, daß sie wie ein leuchtender Strahl durch alle Handlungen seines Lebens hinlief.

„Auch die verwickeltsten und verwirrtesten Angelegenheiten ordneten sich harmonisch unter seinen Händen. Die Art, wie er die Rechnungen führte, erregte die Bewunderung des Comités der Royal Society. In seinen wissenschaftlichen Angelegenheiten herrschte dieselbe Ordnung. In seinen experimentellen Untersuchungen war jeder Paragraph numerirt und durch beständige Rückbeziehungen mit den übrigen verknüpft. Seine glücklicherweise erhaltenen Privatnotizen sind in ähnlicher Weise numerirt, der letzte Paragraph trägt die Zahl 16,041. Außerdem zeigte auch seine Arbeitsfähigkeit die teutonische Ausdauer. Er war eine impulsive Natur, allein hinter dem Impulse war eine Kraft, welche kein Rückweichen gestattete. Faßte er in warmen Augenblicken einen Entschluß so führte er ihn bei kaltem Blute aus. Sein Feuer war demnach gleich dem eines festen Brennstoffes, nicht aber dem

eines Gases, das plötzlich aufflackert, aber ebenso plötzlich wieder erlischt."

Gewissenhaft, wie in der Benutzung der Zeit und seiner Geistesgaben, war er auch in der Auffassung der Ziele, die er sich steckte. Er pflegte zu sagen: „Es bedürfe zwanzig Jahre Arbeit, ehe man in physikalischen Dingen zum Manne heranreife; bis dahin befinde man sich im Zustande der Kindheit." — Ebenso ernst, wie seine Aufgabe als Forscher, nahm er seinen Beruf als Lehrer. Einer seiner Freunde, Mr. Magrath besuchte regelmäßig Faraday's Vorlesungen, nur um für ihn alle Fehler zu notiren, welche er in der Ausdrucksweise oder in der Aussprache bemerken konnte. Die Liste derselben wurde stets mit Dank entgegengenommen. — Wie feurig er als Lehrer war, und wie ihn zuweilen der Stoff hinriß, zeigt die Thatsache, daß er in jungen Jahren stets eine Karte vor sich hinlegte, worauf in großen Buchstaben das Wort „Langsam" stand. Zuweilen übersah er dieselbe und sprach zu rasch: für solche Fälle hatte sein Diener den Befehl, die Karte von Neuem vor ihn hinzulegen. Wir ersehen hieraus zugleich, mit welcher Weisheit und Kraft er selbst diesen mächtigen inneren Strom einzudämmen wußte.

Es wurde schon erwähnt, daß Faraday der Sekte seiner Eltern bis zu seinem Lebensende angehörte. Dies geschah keineswegs aus äußerlicher Frömmigkeit. Er war vielmehr von Grund seines Wesens eine tief-

religiöse, pietätvolle Natur. Auch auf anderem Gebiete zeigt sich diese Richtung seines Gemüthes. So schrieb er von der Reise am 14. April 1841 seiner Mutter:

„Als Sir H. Davy zuerst die Güte hatte, mich aufzufordern, ihn zu begleiten, sagte ich mir: ‚Nein, ich habe eine Mutter, ich habe Verwandte hier,‘ und damals wünschte ich mir fast, einzeln und allein in London zu stehen. Aber jetzt bin ich froh, Jemanden hinterlassen zu haben, an den ich denken und dessen Handlungen und Beschäftigungen ich mir im Geiste ausmalen kann. Jede freie Stunde benutze ich dazu, um an die Meinigen zu Haus zu denken. Die Erinnerung an die Daheimgebliebenen ist meinem Herzen ein beruhigender und erfrischender Balsam trotz Krankheit, Kälte oder Müdigkeit."

Und in Interlaken setzte er in sein Tagebuch die folgende Notiz:

„2. August 1841. Die Fabrikation von Schuhnägeln ist hier ziemlich bedeutend; und es ist hübsch der Arbeit zuzusehen. Ich liebe eine Schmiede und Alles, was auf das Schmiedehandwerk Bezug hat. Mein Vater war ein Schmied."

Seinem Freunde, Professor Tyndall, schrieb er im Jahre 1855, als dieser mißmuthig war über Discussionen, die er auf der Versammlung der englischen Naturforscher in Glasgow mit mehreren Fachgenossen gehabt hatte:

„Erlauben Sie mir als einem alten Manne, der durch Erfahrung klug geworden sein sollte, Ihnen zu sagen, daß ich, als ich jünger war, sehr oft die Absichten der Leute mißverstand, und nachher fand, daß sie das, was ich voraussetzte, gar nicht gemeint hatten; ferner fand ich, daß es im Allgemeinen besser ist, etwas langsam in der Auffassung der-

jenigen Aeußerungen zu sein, welche Sticheleien zu enthalten scheinen, hingegen alle diejenigen, welche freundliche Gesinnungen verrathen, rasch zu erfassen. Die wirkliche Wahrheit kommt schließlich immer zu Tage, und man überzeugt einen Gegner, der im Irrthum ist, eher durch eine nachgiebige als durch eine leidenschaftliche Antwort. Was ich sagen möchte ist, daß es besser ist, gegen die Wirkungen der Parteilichkeit blind zu sein, hingegen den guten Willen schnell anzuerkennen. Man fühlt sich selbst glücklicher, wenn man das thut, was zum Frieden führt. Sie können sich kaum vorstellen, wie oft ich bei mir selbst ergrimmte, wenn ich mich, meiner Meinung nach, ungerecht und oberflächlich angegriffen sah; und doch habe ich gesucht, und wie ich hoffe, ist es mir gelungen, niemals in demselben Ton zu antworten. Und ich weiß, daß ich nie dadurch verloren habe. Ich würde Ihnen dies Alles nicht sagen, ständen Sie als wahrer Forscher und Freund nicht so hoch in meiner Achtung."

Faraday bezeichnete sich selbst als demüthig: „aber" fügte er hinzu, „es wäre ein großer Irrthum zu denken, ich sei nicht auch zugleich stolz."

„Diese Doppelnatur zeigte sich — so schreibt Tyndall — überall in seinem Charakter. Er war ein Demokrat in seinem Mißtrauen gegen jede Autorität, welche seine Gedankenfreiheit zu beschränken suchte, und dennoch war er stets bereit, sich in Ehrerbietung zu beugen vor Allem, was der Ehrerbietung werth war, sei es in den Sitten der Welt oder im Charakter der Menschen."

Wie sein Selbstbewußtsein schon früh erwachte, haben wir bereits an einzelnen Beispielen erfahren. Die folgende Stelle aus einem Briefe an Abbott vom 1. Juni 1813 ist ein neuer Beleg dafür; sie zeigt uns

zugleich, wie scharf Faraday beobachtete, wie er stets bemüht war, sein Urtheil zu bilden und aus seinen Beobachtungen zu lernen:

„Die Gelegenheit, die ich neuerdings hatte, Vorlesungen von den verschiedenen Professoren zu hören und Belehrungen von ihnen zu empfangen, während sie ihren amtlichen Pflichten nachkamen, hat mich in den Stand gesetzt, ihre verschiedenen Gewohnheiten, Eigenthümlichkeiten, Trefflichkeiten und Mängel zu beobachten, wie sie mir während des Vortrags klar geworden sind. Ich ließ auch diese Aeußerungen der Persönlichkeit meiner Beobachtung nicht entgehen und, wenn ich mich befriedigt fühlte, suchte ich dem besonderen Umstande, der mir solchen Eindruck gemacht hatte, auf die Spur zu kommen. Ich beobachtete ferner die Wirkung, welche die Vorlesungen von Brande und Powell auf die Zuhörer ausübten und suchte mir klar zu machen, warum dieselben gefielen oder mißfielen.

Es mag vielleicht eigenthümlich und ungehörig erscheinen daß Jemand, der selbst völlig unfähig zu einem solchen Amte ist, und der nicht einmal auf die dazu nöthigen Eigenschaften Anspruch machen kann, sich erkühnt, Andere zu tadeln und zu loben; seine Zufriedenheit über dieses, sein Mißfallen über jenes auszudrücken, wie sein Urtheil ihn grade leitet, während er die Unzulänglichkeit seines Urtheils zugiebt. Aber, bei näherer Betrachtung finde ich die Ungehörigkeit nicht so groß. Bin ich dazu unfähig, so kann ich offenbar noch lernen; und wodurch lernt man mehr, als durch Beobachtung Anderer? Wenn wir niemals urtheilen, werden wir nie richtig urtheilen, und es ist viel besser, unsere geistigen Gaben gebrauchen lernen (und wäre ein ganzes Leben diesem Zwecke gewidmet), als sie in Trägheit zu begraben, eine traurige Oede hinterlassend."

Sehr bezeichnend für seinen Charakter ist ferner das folgende Erlebniß aus dem Jahre 1821. Durch

eine sehr merkwürdige, auf die Inductionsströme bezügliche Entdeckung war er mit einem ausgezeichneten Physiker, Wollaston, in eine gewisse Differenz gekommen, da dieser in ähnlicher Richtung arbeitete. Von mehreren Seiten beschuldigte man ihn, in dieser Sache nicht vollkommen ehrenhaft verfahren zu sein. Die tiefe Kränkung, die er darüber empfand, und die sittliche Entrüstung, mit der er die unbegründeten Vorwürfe zurückweist, können wir nicht besser kennen lernen, als durch seine eigenen Worte. Am 8. October schrieb er an J. Stodart:

„Ich höre täglich mehr von diesen Gerüchten und fürchte, daß sie, wenn ich auch nur davon flüstern höre, doch unter den Männern der Wissenschaft laut genug besprochen werden; und da dieselben zum Theil meine Ehre und Redlichkeit angreifen, so liegt mir viel daran, sie zu beseitigen, oder sie wenigstens insoweit als irrthümlich zu erweisen, als sie meine Ehre angreifen. Sie wissen sehr wohl, welchen Kummer mir diese unerwartete Aufnahme meiner Abhandlung im Publikum gemacht hat und Sie werden sich deshalb nicht wundern, wenn mir Alles daran liegt, diesen Eindruck los zu werden, obgleich ich dadurch Ihnen und anderen Freunden Mühe mache. Wenn ich recht verstehe, so klagt man mich an: 1. daß ich die Belehrungen, welche ich empfing, indem ich Sir Humphry Davy bei seinen Versuchen über diesen Gegenstand assistirte, nicht ausdrücklich erwähnt habe; 2. daß ich über die Theorie und Ansichten von Dr. Wollaston geschwiegen habe; 3. daß ich die Sache aufgenommen habe, während Dr. Wollaston daran war, sie zu bearbeiten und 4. daß ich in nicht ehrenhafter Weise Dr. Wollaston's Gedanken mir angeeignet und ohne dies

anzuerkennen, sie bis zu den Ergebnissen verfolgt habe, die ich herausbrachte.

Es liegt etwas Erniedrigendes im Zusammenhange dieser Anklage, und wäre die letzte darunter richtig, so fühle ich, daß ich nicht in dem freundschaftlichen Verhältnisse bleiben könnte, in dem ich jetzt mit Ihnen und anderen wissenschaftlichen Männern stehe. Meine Liebe für wissenschaftlichen Ruhm ist noch nicht so groß, daß sie mich verleiten sollte, ihm auf Kosten der Ehre nachzustreben, und meine Sorge, diesen Flecken abzuwaschen, ist so groß, daß ich mich nicht scheue, Ihre Mühe auch über das gewöhnliche Maß hinaus in Anspruch zu nehmen. . . . ."

Am 30. October schreibt er direct an Wollaston:

„Wenn ich Unrecht gethan habe, so war es ganz gegen meine Absicht, und der Vorwurf, daß ich unehrenhaft gehandelt hätte, ist unbegründet. Ich bin kühn genug, mein Herr, um eine Unterredung von wenigen Minuten, diesen Gegenstand betreffend, zu bitten; meine Gründe dazu sind: ich möchte mich rechtfertigen und Sie versichern, daß ich große Verpflichtungen gegen Sie zu haben fühle, daß ich Sie hochachte, daß ich um Alles die ungegründeten Voraussetzungen, die gegen mich sprechen, widerlegen möchte; und wenn ich Unrecht gethan habe, möchte ich Abbitte leisten."

Die Verständigung mit Wollaston muß eine vollständige gewesen sein; wenigstens war dieser der erste, welcher anderthalb Jahre später den Antrag stellte, Faraday zum Mitgliede der Royal Society, der ersten wissenschaftlichen Gesellschaft Englands, zu ernennen, und Faraday selbst sprach sich später rückhaltlos über Wollaston's Hochherzigkeit und Wohlwollen zu ihm aus. Andere, und besonders sein Lehrer Davy, haben

sich nicht so leicht überzeugen lassen, und Faraday hatte den Schmerz, seine Candidatur für die Royal Society gerade von Davy auf das Heftigste bekämpft zu sehen. Schließlich aber legte sich der Sturm und seine Wahl erfolgte am 8. Januar 1824.

Noch eine andere Begegnung, aus dem Jahre 1835, zeigt uns, wie Faraday, wenn es nöthig war, seine Manneswürde zu wahren wußte. Die englische Regierung hatte ihm, in Anerkennung seiner großen Verdienste, ein Ehrengehalt zugedacht. Die Sache war ihm von Anfang an unsympathisch, und er hätte sie am liebsten zurückgewiesen. Er ließ sich aber umstimmen und so hatte er in dieser Angelegenheit eine Audienz bei dem Minister Lord Melbourne. Der letztere that dabei die ungeschickte Aeußerung, daß er derartige Pensionen hasse und sie für Humbug halte. Faraday brach darauf sofort die Unterredung ab; er gab jedoch noch am Abend desselben Tages auf Lord Melbourne's Bureau den folgenden Brief ab:

„An den sehr ehrenwerthen Lord Viscount Melbourne,
Lordschatzmeister.

26. October.

„Mylord! Da die Unterredung, welche ich die Ehre hatte, mit Eurer Herrlichkeit zu führen, mir Gelegenheit gab, die Ansichten kennen zu lernen, welche Eure Lordschaft über Gelehrtenpensionen im Allgemeinen hegen, so fühle ich mich veranlaßt, eine derartige Begünstigung, welche Eure Lordschaft mir zudenkt, hiermit ehrfurchtsvoll abzulehnen; denn ich fühle, daß es keinerlei Genugthuung für mich wäre, aus Eurer Lord-

schaft Händen etwas zu empfangen, was unter der äußeren Form einer Anerkennung eine ganz andere, von Eurer Lordschaft so nachdrücklich bezeichnete Bedeutung haben würde.“

Den weiteren Verlauf der Sache schildert Tyndall mit folgenden Worten:

„Der gutmüthige Edelmann sah die Sache anfänglich als einen ausgezeichneten Scherz an, späterhin aber wurde er veranlaßt, sie ernster aufzufassen. Eine vortreffliche Dame, welche sowohl mit Faraday als mit dem Minister befreundet war, versuchte die Sache wieder ins Geleise zu bringen, allein sie fand es sehr schwer, Faraday aus der einmal angenommenen Stellung herauszubringen. Nach vielen erfolglosen Anstrengungen bat sie ihn, anzugeben, was er von Lord Melbourne verlangen würde, um seinen Entschluß zu ändern. Er erwiderte: ‚Ich würde einen Wunsch ausdrücken, dessen Gewährung ich weder erwarten, noch fordern kann, nämlich eine schriftliche Entschuldigung über die Ausdrücke, welche er sich mir gegenüber zu gebrauchen erlaubte.‘ Die verlangte Entschuldigung wurde aufrichtig und vollständig gegeben, und gereicht meiner Ansicht nach sowohl dem damaligen Premier als dem Gelehrten zur Ehre.“

Ganz besonders wohlthuend berührt sein Verhältniß zu dem Prof. Tyndall, dem wir soviele pietätvolle Aufzeichnungen über Faraday verdanken. Auch Tyndall ist einer der ausgezeichnetsten Naturforscher; er hat sich durch zahlreiche vortreffliche Arbeiten berühmt gemacht, u. a. durch eine Reihe vorzüglicher Untersuchungen über die Gletscher, die er auf mühsamen und oft gefahrvollen Expeditionen in den Hochalpen belauschte. Tyndall ist um viele Jahre jünger als Faraday; aber beide Männer schlossen eines jener innigen Freund-

schaftsbündnisse, wie sie die Geschichte nur in wenigen Fällen verzeichnet hat. Die folgenden Aufzeichnungen Tyndall's, welche aus diesem vertrauten Umgange hervorgegangen sind, mögen die vorstehende Skizze beschließen.

Von Faraday's äußerer Erscheinung schreibt Tyndall: „Ich habe Faraday bei meiner Rückkehr von Marburg im Jahre 1850 zum ersten Male gesehen. . . . . . Ich bemerkte sofort den Ausdruck von Freundlichkeit und Intelligenz, den seine Gesichtszüge auf das Wunderbarste wiedergaben. So lange er gesund war, dachte man nie an sein Alter; und blickte man in seine klaren, vor Heiterkeit strahlenden Augen, so vergaß man völlig sein graues Haar."

Faraday war von einfachen Gewohnheiten. Aber „es war — wie Tyndall sagt — keine Spur des Asketen in seiner Natur. Er zog den Wein und das Fleisch des Lebens den Heuschrecken und dem wilden Honig vor". Besonders empfänglich war er für das Glück der Freundschaft und die Liebe der Menschen. „Tyndall — sagte er einst — der süßeste Lohn für meine Arbeit ist die Sympathie und die Anerkennung, welche mir aus allen Theilen der Welt zufließen."

Aus der Zeit des Alters schreibt Tyndall:

„Um jene Zeit, ehe er sich die Ruhe gönnte, welcher er sich in den zwei letzten Lebensjahren hingab, schrieb er mir den folgenden Brief — einen der vielen unschätzbaren Briefe, welche jetzt vor mir liegen, worin sein damaliger Geisteszustand

besser geschildert ist, als dies eine andere Feder zu thun vermöchte. Ich war zuweilen in seiner Gegenwart wegen meiner Unternehmungen in den Alpen getadelt worden, allein seine Antwort lautete immer: ‚Laßt ihn nur gewähren, er wird sich schon in Acht zu nehmen wissen.‘ In diesem Brief jedoch kommt zum ersten Mal eine gewisse Aengstlichkeit in Bezug hierauf zum Vorschein:

Hampton Court, 1. Aug. 1864. Lieber Tyndall! Ich weiß nicht, ob mein Brief Sie erreichen wird, allein ich will es immerhin wagen — obwohl ich mich recht wenig geignet fühle, mit Jemandem zu verkehren, dessen Dasein so voll Leben und Unternehmungsgeist ist, wie das Ihrige. Allein Ihr lieber Brief that mir kund, daß ich, obwohl ich ganz vergeßlich werde, doch nicht vergessen worden bin; und obwohl ich nicht im Stande bin, am Schlusse einer Zeile mich des Anfangs derselben zu erinnern, so werden doch diese unvollkommenen Zeichen Ihnen den Sinn dessen geben können, was ich Ihnen zu sagen wünsche. Wir hatten von Ihrer Krankheit durch Miß Moore gehört, und ich war deshalb sehr froh zu erfahren, daß Sie wieder hergestellt sind. Seien Sie aber nicht allzu kühn, und setzen Sie Ihr Glück nicht in das Bestehen oder Aufsuchen von Gefahren. Zuweilen bin ich ganz müde, wenn ich nur an Sie und an das, was Sie jetzt noch vornehmen, denke; und dann tritt wieder eine Pause oder eine Aenderung in den Bildern ein, allein ohne daß ich dabei zur Ruhe käme. Ich weiß, daß dies in hohem Grade von meiner eigenen erschöpften Natur herrührt; und ich weiß nicht, warum ich dies schreibe; während ich Ihnen schreibe, muß ich jedoch daran denken und diese Gedanken verhindern mich, auf andere Gegenstände zu kommen. . .“

Und weiter:

„Es war mein Streben und mein Wunsch, die Stelle Schiller’s bei diesem Goethe einzunehmen; und er war zu Zeiten

so freudig und kräftig, körperlich so rüstig und geistig so klar, daß mir oft der Gedanke kam, auch er werde, wie Goethe, den jüngeren Mann überleben. Das Schicksal wollte es anders, und jetzt lebt er nur noch in unser Aller Erinnerung. Aber wahrlich, kein Andenken könnte schöner sein. Geist und Herz waren gleich reich bei ihm. Die schönsten Züge, die der Apostel Paulus von einem Charakter entworfen hat, fanden bei ihm die vollkommenste Anwendung. Denn er war ohne Tadel, wachsam, mäßig, von gutem Betragen, geneigt zur Lehre und nicht dem irdischen Gewinn ergeben."

Erste Vorlesung.

Die Kerze. Ihre Flamme. Schmelzen des Brennstoffs. Kapillarität des Dochtes. Die Flamme ein brennender Dampf. Gestalt und Theile der Flamme. Der aufsteigende Luftstrom. Andere Flammen.

Die Naturgeschichte einer Kerze wählte ich schon bei einer früheren Gelegenheit zum Thema meines Vortrags, und stände die Wahl nur in meinem Belieben, so möchte ich dieses Thema wohl jedes Jahr zum Ausgang meiner Vorlesungen nehmen, so viel Interessantes, so mannigfache Wege zur Naturbetrachtung im Allgemeinen bietet dasselbe dar. Alle im Weltall wirkenden Gesetze treten darin zu Tage oder kommen dabei wenigstens in Betracht, und schwerlich möchte sich ein bequemeres Thor zum Eingang in das Studium der Natur finden lassen.

Vorweg möchte ich mir die Bitte an meine Zuhörer erlauben, bei aller Bedeutung unseres Gegenstandes und allem Ernst der wissenschaftlichen Behandlung desselben doch von den Aelteren unter uns

absehen zu dürfen und das Vorrecht zu beanspruchen, als junger Mann zu jungen Leuten zu sprechen, wie ich es früher bei ähnlicher Veranlassung gethan; und wenn ich mir auch bewußt bin, daß meine hier gesprochenen Worte in weitere Kreise hinausdringen, so soll mich dies doch nicht abhalten, den früher gewohnten Familienton gegen die mir Nächststehenden auch in den gegenwärtigen Vorlesungen anzuschlagen.

Zuerst muß ich Euch, meine lieben Knaben und Mädchen, wohl erzählen, woraus Kerzen verfertigt werden. Da lernen wir denn ganz sonderbare Dinge kennen. Hier habe ich etwas Holz, Baumzweige, deren leichte Brennbarkeit Euch ja bekannt ist — und hier seht Ihr ein Stückchen von einem sehr merkwürdigen Stoffe, der in einigen Moor-Sümpfen Irlands gefunden wird, sogenanntes „Kerzenholz"; es ist dies ein vorzüglich hartes, festes Holz, als Nutzholz vortrefflich verwendbar, da es sich sehr dauerhaft zeigt, bei alledem aber so leicht brennend, daß man an seinen Fundorten Spähne und Fackeln daraus schneidet, die wie Kerzen brennen und wirklich ausgezeichnetes Licht geben, so daß wir hierin die natürlichste Kerze, eigentlich eine Naturkerze vor uns sehen.

Wir haben hier indeß besonders von Kerzen zu sprechen, wie sie im Handel vorkommen. Hier sind zunächst etliche sogenannte gezogene Lichte. Dieselben werden auf folgende Weise verfertigt: baumwollene Schnüre werden mit einer Schlinge an einem

Stab aufgehängt, in geschmolzenen Talg eingetaucht, herausgezogen und abgekühlt, dann wieder eingetaucht, und dieses Verfahren so lange fortgesetzt, bis eine genügende Menge Talg rings um den baumwollenen Docht hängen geblieben ist, und so die Kerze die gewünschte Dicke erhalten hat. Die große Verschiedenartigkeit der Kerzen könnt Ihr recht deutlich an denen sehen, welche ich hier in der Hand halte; diese sind auffällig dünn, sie wurden ehedem von den Bergleuten in den Kohlenbergwerken gebraucht. In früheren Zeiten mußte sich der Bergmann seine Kerzen selbst verfertigen; aus Sparsamkeit nun, besonders aber wol, weil man der Meinung war, die Grubengase würden von einer kleinen Flamme nicht so rasch entzündet wie von einer großen, machte man die Kerzen so dünn, daß 20, 30, 40, ja 60 auf das Pfund gingen. Statt ihrer kamen die Davy'sche und verschiedene andere Sicherheitslampen in Gebrauch. — Hier seht Ihr dagegen eine Kerze, welche Oberst Pasley aus dem untergegangenen Schiff Royal-George entnommen hat. Viele Jahre lang auf dem Meeresgrund der Einwirkung des Seewassers ausgesetzt, überdies geschunden und zerknickt, zeigt sie uns, wie gut sich eine Kerze conserviren kann; denn angezündet brennt sie, wie Ihr hier seht, ganz gleichmäßig fort, und der schmelzende Talg bewährt sich völlig in seinen ursprünglichen Eigenschaften.

Herr Field in Lambeth hat mir viele sehr gute Zeichnungen und Materialien aus der Kerzenfabrikation

zugestellt, mit denen ich Euch bekannt machen werde. Hier zunächst ist Nierenfett, Rindertalg, ich glaube russischer Talg, aus dem die gezogenen Lichte gemacht werden. Dieser Talg wird nach einem von Gay-Lussac herrührenden Verfahren in die schöne Substanz verwandelt, die Ihr daneben liegen seht. Ihr wißt, daß unsere jetzigen Kerzen nicht so beschmutzend abfetten, wie diese Talglichter, sondern ganz sauber sind, und daß man herabgefallene Tropfen abkratzen und pulverisiren kann, ohne zu beschmutzen. Das Verfahren ist folgendes: Der Talg wird zuerst mit gelöschtem Kalk gekocht, wodurch eine Art Seife gebildet wird; diese Seife wird dann durch Schwefelsäure zersetzt, welche den Kalk fortnimmt und das veränderte Fett als Stearinsäure zurückläßt. Zugleich wird etwas Glycerin, eine syrupartige Flüssigkeit, gebildet. Durch Auspressen wird sodann alles Oelige entfernt, und Ihr seht hier einige Preßkuchen, an denen sich zeigt, daß die Unreinigkeiten je nach der Stärke des Druckes allmählich mehr und mehr entfernt werden; die zurückgebliebene Masse wird nun geschmolzen und zu Kerzen gegossen, wie sie hier vor uns liegen. Die Kerze, welche ich hier in der Hand habe, ist eine auf dem beschriebenen Wege hergestellte Stearin-Kerze. Daneben habe ich eine Wallrath-Kerze, aus dem gereinigten Fett des Pottfisches verfertigt; ferner seht Ihr hier gelbes und weißes Wachs, woraus Kerzen gemacht werden; hier eine merkwürdige Substanz, das

aus irischen Sümpfen gewonnene Paraffin*), so wie einige Paraffinkerzen, und endlich hier noch eine Substanz, die aus Japan bei uns eingeführt wird, seitdem wir den Zugang zu diesem fernen Lande erzwungen haben, eine Art Wachs, welches mir ein guter Freund gesandt hat, und welches ein neues Material für die Kerzenfabrikation bildet.

Wie werden nun diese Kerzen verfertigt? Soeben habe ich Euch von gezogenen Lichten erzählt und will Euch nun auch sagen, wie die gegossenen gemacht werden. Nehmen wir an, irgend eine dieser Kerzen bestehe aus einem Material, das gegossen werden kann. „Gegossen," sagt Ihr. „Nun, eine Kerze ist doch ein Ding, das schmilzt, und was sich schmelzen läßt, das läßt sich doch wohl auch gießen." Durchaus nicht! Es ist gar merkwürdig, wie sich im Verlauf der praktischen Arbeit Hindernisse in den Weg stellen, die man vorher durchaus nicht erwartete. Es kann nicht jede Art Kerzen gegossen werden. So ist z. B.

---

*) Das Paraffin für die Kerzenfabrikation wird jetzt aus Braunkohlen, gewissen Arten sehr fetter Steinkohlen, aus sogenannten bituminösen, d. h. von organischen Stoffen durchsetzten Schiefern und ähnlichen Rohstoffen gewonnen, indem man dieselben in geschlossenen Gefäßen stark erhitzt. Dadurch erhält man Leuchtgas, Theer, Kokes und andere Producte; das Paraffin wird dann aus dem Theer durch weitere Verarbeitung gewonnen. Auch bei der Reinigung des Petroleums erhält man Paraffin als Nebenproduct.

das Wachs, eine Substanz, die sehr gut brennt und in einem Lichte zwar leicht schmilzt, aber doch nicht gegossen werden kann; ich werde nachher die Fabrikation der Wachskerzen kurz angeben, jetzt aber zunächst bei den Materialien verweilen, die sich gießen lassen.

Hier ist ein Rahmen mit einigen Gießformen, in die zunächst der Docht eingefügt wird. Hier habe ich einen geflochtenen Docht, der nicht geputzt zu werden braucht, an einem kleinen Draht hängen; er reicht bis unten hinab, wo er angepflöckt wird, so daß das Pflöckchen ihn zugleich straff hält und die untere Oeffnung völlig schließt, damit nichts Flüssiges hindurch kann. Oben hat die Form einen Quersteg, der den Docht richtig in der Mitte gespannt hält. Nun werden die Formen mit der geschmolzenen Talgmasse vollgegossen. Nach dem Erkalten der Formen wird der oben überstehende Talg glatt abgeputzt und die Enden des Dochtes abgeschnitten, so daß jetzt nur die Kerzen in den Formen bleiben, und um sie heraus zu bekommen, braucht man diese nur umzudrehen, wie ich's hier thue. Die Formen sind nämlich kegelförmig, d. h. oben enger als unten, und da die Kerzen beim Erkalten sich noch dazu ein wenig zusammenziehen, so fallen sie schon bei geringem Schütteln heraus.

Ganz ebenso werden auch die Stearin- und Paraffin-Kerzen gemacht.

Eigenthümlich ist die Fabrikation der Wachskerzen. Baumwollene Dochte werden, wie Ihr es

hier seht, an einen Rahmen aufgehängt und ihre Enden mit Metallhütchen bedeckt, damit sie von Wachs frei bleiben. Sie werden in die Nähe des Ofens gebracht, in welchem das Wachs geschmolzen wird. Wie Ihr seht, kann das Gestell gedreht werden, und letzteres geschieht, während ein Arbeiter das geschmolzene Wachs an einem Docht nach dem andern hinabgießt; die so gebildete erste Schicht um den Docht herum wird nach dem Erstarren mit einer zweiten überzogen und so lange auf diese Weise fortgefahren, bis die Kerzen die gewünschte Dicke erlangt haben; alsdann werden sie abgenommen und auf einer polirten Steinplatte glatt gerollt, die Enden beschnitten und abgeputzt. Die Arbeiter erlangen dabei eine solche Fertigkeit, daß genau vier oder sechs Kerzen, oder wie viel eben verlangt werden, auf das Pfund gehen.

Ich will beiläufig auch einen Luxus erwähnen, der in der Kerzenfabrikation getrieben wird, theils in Farben, theils in Formen. Seht, wie wunderschön diese Kerzen hier gefärbt sind! Malvenblau, Magenta und alle die neu erfundenen prächtigen Farben sind hier zur Verschönerung verwendet. In dieser Kerze hier zeigt sich in wundervoller Form eine gekehlte Säule, und hier habe ich mit bunten Blumen schön bemalte Kerzen, die angezündet oben eine strahlende Sonne und darunter einen blühenden Garten darstellen. Indeß, nicht alles Schöne ist auch nützlich, und diese gekehlten Kerzen z. B. sind bei ihrem schönen Ansehen

doch schlechte Kerzen, und zwar gerade infolge ihrer äußern Form; durch dergleichen Verfeinerungen wird meistens die Brauchbarkeit beeinträchtigt. Indeß wollte ich Euch auch diese Kerzen, welche mir gute Freunde von allen Seiten sandten, zeigen, damit Ihr sehen könnt, was auch in dieser Hinsicht geleistet wird. Aber, wie ich sagte, wenn wir diese Verfeinerungen wollen, so müssen wir einigermaßen die Zweckmäßigkeit opfern.

Ich wende mich nunmehr zu unserem eigentlichen Thema, zunächst zur Flamme der Kerze. Wir wollen eine oder zwei anzünden und so in Ausübung ihrer eigenthümlichen Functionen setzen. Ihr bemerkt, wie ganz verschieden eine Kerze von einer Lampe ist. Bei einer Lampe hat man den mit Oel gefüllten Behälter, in welchen der aus Moos oder Baumwolle bereitete Docht gebracht wird; das Dochtende zündet man an, und wenn die Flamme bis zum Oel hinabgekommen, verlöscht sie dort, brennt aber in dem höher gelegenen Theile des Dochtes fort. Nun werdet Ihr unzweifelhaft fragen, wie es kommt, daß das Oel, welches für sich nicht brennen will, zur Spitze des Dochtes gelangt, wo es brennt; wir werden das sogleich untersuchen. Aber bei dem Brennen einer Kerze geschieht noch etwas weit Merkwürdigeres. Hier haben wir eine feste Masse, die keinen Behälter braucht — wie kann wohl diese Masse da hinaufgelangen, wo wir die Flamme sehen, da sie doch nicht flüssig ist? Oder, wenn sie in eine Flüssigkeit verwandelt ist, wie kann

sie dabei doch in festem Zusammenhalt bleiben? Wahrlich ein merkwürdig Ding, so eine Kerze!

Wir haben hier einen starken Luftzug, der uns bei manchen Experimenten förderlich ist, bei anderen aber schädlich sein kann. Um darin eine Regelmäßigkeit zu erlangen und die Sache zu vereinfachen, werde ich eine ganz ruhige Flamme herstellen; denn wie kann man einen Gegenstand untersuchen, wenn Nebenumstände in den Weg treten, die gar nicht zu demselben gehören? Hier können wir von den Marktweibern lernen, die des Abends auf offner Straße feilhalten. Ich habe das oft bewundert. Sie umgeben das Licht mit einem Cylinder, der von einer Art Galerie getragen wird, welche die Kerze umklammert und nach Bedürfniß höher oder niedriger gestellt werden kann. Mittelst dieses Cylinders erhält man eine beständige Flamme, die man genau betrachten und sorgsam untersuchen kann, wie Ihr es hoffentlich zu Hause thun werdet.

Da bemerken wir denn zunächst, wie die oberste Schicht der Kerze gleich unter der Flamme sich einsenkt zu einer hübschen Schale. Die zur Kerze gelangende Luft nämlich steigt infolge der Strömung, welche die Flammenhitze bewirkt, nach oben und kühlt dadurch den Mantel der Kerze ab, also daß der Rand des Schälchens kühler bleibt und weniger einschmilzt als die Mitte, während auf diese die Flamme am meisten einwirkt, da sie so weit als möglich am Docht herabzulaufen strebt. So lange die Luft von allen Seiten

gleichmäßig zuströmt, bleibt unser Schälchen vollkommen wagrecht, sodaß die darin schwimmende geschmolzene Kerzenmasse ebenfalls wagrecht darin stehen bleiben muß; stelle ich aber einen seitlichen Luftstrom her, so wird alsbald das Schälchen schief und läuft die flüssige Masse an der Seite herab — jenes wie dieses nach demselben Gesetz der Schwere, welches die Welten treibt und zusammenhält. Ihr seht also, daß die Schale durch den gleichmäßig aufsteigenden Luftstrom gebildet wird, welcher das Aeußere der Kerze von allen Seiten umspielt und es dadurch kalt hält. Nur solche Stoffe können zu Kerzen verwendet werden, welche die Eigenschaft besitzen, beim Brennen ein derartiges Schälchen zu bilden. Ausgenommen von dieser Regel ist das vorhin gezeigte irische Kerzenholz, welches selbst gleich einem Schwamm seinen eigenen Brennstoff festhält. Ihr könnt Euch nun auch selbst erklären, weshalb ich von der praktischen Brauchbarkeit dieser schön geformten gekehlten Kerzen so ungünstig sprach; bei ihnen kann ja das Schälchen nicht den vollkommenen Rand haben, sondern muß abwechselnd Hebung und Einsenkung erhalten. Diese schön aussehenden Kerzen brennen schlecht, sie träufeln ab, weil durch die Unebenheit des Mantels die Gleichmäßigkeit des Luftstromes gestört und dadurch wieder die regelmäßige Form des Schälchens verhindert wird. Also nicht auf schönes Aussehen, sondern auf praktische Brauchbarkeit kommt es hier an.

Wir können hier einige hübsche Beispiele für die

Wirkung des aufsteigenden Luftstroms beobachten, die Ihr Euch wohl merken könnt. Hier ist ein wenig Abgeträufeltes an der Seite der Kerze herabgeflossen und hat sie da etwas dicker gemacht als an anderen Stellen; während nun die Kerze ruhig weiter herabbrennt, bleibt jenes an seiner Stelle und bildet eine kleine, über den Rand der Schale hervorragende Säule; da es immer höher zu stehen kommt als das übrige Wachs und weiter von der Mitte entfernt ist, so kann die Luft besser dazu gelangen, es also auch mehr abkühlen und somit geeigneter machen, der Einwirkung der Hitze in so kleiner Entfernung zu widerstehen. So führen, wie in vielen anderen Fällen, auch bei unserer Kerze selbst Mißgriffe und Fehler zu unserer Belehrung, die wir auf anderem Wege vielleicht schwerlich erlangt hätten. Wir werden so unwillkürlich zu Naturforschern; und ich hoffe, Ihr werdet immer daran denken, daß Ihr bei jedem Vorgange, besonders wenn er Euch neu ist, fragen solltet: „Was ist die Ursache? Wie geht das zu?“ und im Laufe der Zeit werdet Ihr den Grund finden.

Eine andere Frage, welche eine Antwort erfordert, ist: Wie gelangt der Brennstoff der Kerze aus dem Schälchen den Docht hinauf an den Verbrennungsort? Ihr wißt, daß bei Wachs-, Stearin-, Wallrathkerzen die Flamme am brennenden Docht nicht herunterläuft zum Brennstoff und diesen ganz fortschmilzt, sondern daß sie an ihrem Platze oben bleibt, getrennt von

dem Flüssigen darunter und ohne sich an dem Rand der Schale zu vergreifen. Ich kann mir kein schöneres Beispiel von Anpassung denken: um die beste Wirkung hervorzubringen, ist in der Kerze jeder Theil dem andern dienstbar. Es ist mir ein wundervoller Anblick, diesen brennbaren Stoff so allmählich abbrennen zu sehen, ohne je von der Flamme ergriffen zu werden, zumal wenn man dabei erwägt, welche Kraft der Flamme innewohnt, das Wachs zu zerstören, wenn sie ihm zu nahe kommt.

Wie aber erfaßt nun die Flamme den Brennstoff? Durch kapillare Anziehung! „Kapillare Anziehung?" fragt Ihr. „Haarröhrchen-Anziehung?" Nun, der Name thut nichts zur Sache — man hat ihn zu Zeiten gegeben, wo man noch gar kein rechtes Verständniß von der Kraft hatte, die er bezeichnen sollte. Die Wirkung dieser sogenannten Kapillaranziehung ist, daß der Brennstoff an den Verbrennungsort hingeleitet und abgesetzt wird, und zwar nicht von ungefähr, sondern hübsch ordentlich grade in die Mitte des Herdes, auf dem der Prozeß vor sich geht.

Um Euch den Vorgang deutlicher zu machen, will ich etliche Beispiele von kapillarer Attraction anführen. Vermöge dieser Kraft können zwei Körper, die nicht in einander übergehen, doch an einander haften. Wenn Ihr Euch z. B. die Hände waschen wollt, so macht Ihr sie ganz und gar naß, und findet, daß sie auch naß bleiben. Dies wird durch die Art der An-

ziehung bewirkt, von welcher ich hier spreche. Ferner, wenn Eure Hände nicht schmutzig sind — was sie freilich bei den gewöhnlichen Verrichtungen meistens sein werden —, und Ihr steckt also einen reinen Finger in warmes Wasser, so werdet Ihr bei ganz sorgfältigem Hinsehen bemerken, wie das Wasser höher, als es im Gefäß steht, an dem Finger emporkriecht. Hier habe ich auf dem Teller eine ganz poröse Substanz,

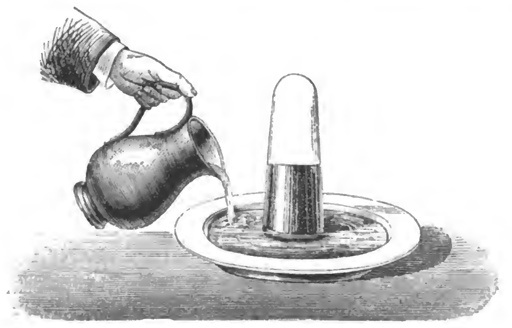


Fig. 1.

eine Salzsäule, und auf den Boden des Tellers gieße ich nicht etwa, wie es Euch scheinen möchte, reines Wasser, sondern eine gesättigte Salzlösung, die gar nichts mehr auflösen kann, so daß die Erscheinung, die Ihr beobachten werdet, also unmöglich auf fernerem Lösen der Bestandtheile der Salzsäule beruhen kann. Nehmen wir an, der Teller sei die Kerze, die Salzsäule der Docht und diese Lösung das geschmolzene

Wachs. Damit Ihr den Vorgang besser beobachten könnt, habe ich die Lösung blau gefärbt. Ich gieße sie nun in den Teller, und Ihr seht, wie sie in dem Salz nach und nach emporsteigt, wie sie höher und höher hinaufkriecht, und sie wird sicherlich bis zur Spitze gelangen, wenn die Säule inzwischen nicht etwa umfällt. Wäre diese blaue Lösung eine brennbare Flüssigkeit, so würde sie — wenn in die Spitze der Säule ein Docht eingesetzt wäre — beim Eintritt in diesen sich anzünden lassen. Es ist gewiß höchst interessant, einen derartigen Vorgang mit all seinen eigenthümlichen Umständen zu beobachten. — Wie Ihr nach dem Händewaschen ein Handtuch nehmt, das die Nässe von den Händen aufsaugt, so saugt der Docht infolge derselben Attraction das Wachs, Stearin rc. in sich hinein und bis zur Flamme hinauf.

Ich kannte einige unordentliche Kinder (indeß passirt so etwas manchmal auch ordentlichen Leuten), die nach dem Abtrocknen der Hände das Handtuch nachlässig über den Waschbeckenrand hinwarfen; nach kurzer Zeit hatte das Tuch alles Wasser aus dem Becken auf die Dielen geleitet, weil es zufällig so auf den Rand zu liegen gekommen war, daß es als Heber wirken konnte. Damit Ihr deutlicher seht, in welcher Weise dergleichen Wirkungen der Körper auf einander vor sich gehen, habe ich hier ein Gefäß aus engmaschigem Drahtnetz mit Wasser angefüllt, das Ihr in seinem Verhalten mit Watte oder mit einem Stück Kattun

vergleichen könnt, und man hat auch wirklich Dochte, die aus einem derartigen Drahtgewebe angefertigt sind. Ihr seht, das Gefäß ist porös; denn wenn ich oben etwas Wasser hineingieße, so läuft es unten gleich wieder heraus; es ist aber auch voll Wasser, und doch sieht man das Wasser zu gleicher Zeit hinein- und herausfließen, als ob es leer wäre. Ihr würdet wohl in Verlegenheit kommen, wenn Ihr dieses auffällige Verhalten meines Gefäßes erklären solltet.

Der Grund ist folgender: Die einmal naß gewordenen Fäden des Netzes bleiben naß, und da die Maschen sehr eng sind, so wird das Wasser von der einen zur andern Seite so kräftig hingezogen und auf diese Weise festgehalten, daß es nicht entrinnen kann, wiewohl das Gefäß an sich porös ist. In gleicher Weise nun steigen beim Brennen die geschmolzenen Wachstheilchen im Docht empor und gelangen in die Spitze; andere Theilchen wandern infolge ihrer gegenseitigen Anziehung ihnen nach, und die einen nach den andern werden, wie sie nach und nach in die Flamme eintreten, so von dieser verzehrt.

Noch ein anderes Beispiel. Hier seht Ihr ein Stückchen Spanischrohr. Daß ein solches in seiner Längsrichtung durchgehende Kanäle hat, also Kapillarität besitzt, kann man gelegentlich auf der Straße an Jungen sehen, die gern wie Männer aussehen möchten: sie zünden ein solches Stück an einem Ende an und rauchen es, als wär's eine Cigarre. Stelle ich nun

dieses Stück Rohr auf einen Teller, worauf sich etwas Benzin befindet (eine Flüssigkeit, die in ihren allgemeinen Eigenschaften dem Paraffin ähnlich ist), so wird dieses genau auf die Weise, wie soeben die blaue Lösung in der Salzsäule, in dem Rohr emporsteigen; und zwar muß alles nach oben, da sich seitlich keine Poren finden, sodaß es sich in dieser Richtung nicht bewegen kann. Seht, da ist das Benzin schon in der Spitze angelangt, und da es leicht brennbar ist, kann ich es anzünden und als Kerze gebrauchen.

Der einzige Grund nun, weshalb eine Kerze nicht ohne Weiteres längs des Dochtes herabbrennt, liegt darin, daß geschmolzener Talg die Flamme auslöscht. Ihr wißt, daß eine Kerze sofort ausgeht, wenn man sie umdreht, so daß der geschmolzene Brennstoff im Docht zur Spitze hinfließen kann. Es kommt dies daher, daß die Flamme nicht Zeit genug hat, den jetzt in größerer Menge schmelzenden Brennstoff gehörig zu erhitzen, wie sie es von oben thut, wo nur kleinere Quantitäten nach und nach schmelzen, im Docht aufsteigen und die Hitze ihre volle Wirkung auf dieselben ausüben kann.

Wir gelangen jetzt zu einem sehr wichtigen Punkt in unserer Betrachtung, ohne dessen eingehende Erörterung Ihr nicht im Stande wäret, den Vorgang in der Kerzenflamme vollkommen zu verstehen; ich meine den gasförmigen Zustand des Brennstoffs. Damit Ihr mich recht versteht, will ich Euch ein ebenso niedliches wie einfaches Ex=

Flamme, wie sie sich hier unter dem Glascylinder zeigt! Sie ist beständig und gleichmäßig, und hat im Allgemeinen die Form, welche in vorliegender Zeichnung wiedergegeben ist, die sich aber je nach den Einwirkungen der Luft und nach der Größe der Kerze mannigfach ändert. Sie bildet einen unten abgerundeten Kegel, oben heller als unten, den Docht in der Mitte. Unten, in der Nähe des Dochtes, unterscheidet man deutlich einen dunkleren Theil, in welchem die Verbrennung noch nicht so vollständig ist als in den höheren Partien. Ich habe hier die Zeichnung einer Flamme, die schon vor vielen Jahren Hooker angefertigt hat, als er seine Untersuchungen ausführte. Sie stellt eine Lampenflamme dar, aber sie paßt auch auf die Kerzenflamme; das Oelgefäß vertritt das Schälchen der Kerze, das Oel das geschmolzene Material der Kerze und der Docht ist ja beiden gemeinsam. Auf dem letzteren hatte er das Flämmchen abgebildet und dann in der Umgebung des letzteren ganz richtig eine Schicht dargestellt, die man aber nicht sehen kann, und von der Ihr nichts wissen werdet, wenn Ihr nicht schon früher hier waret, oder sonst mit der Sache vertraut seid. Er hat hier die umgebende Luft dargestellt, welche sehr wesentlich für die Flamme ist und sich stets in ihrer Nähe befindet. Hier hat er ferner den Luftstrom angedeutet, der die Flamme emporzieht; denn die Flamme die Ihr hier seht, wird wirklich durch den Luftstrom hinaufgezogen, und zwar zu einer bedeutenden Höhe; gerade wie es Hooker

4*

hier durch die Verlängerung des Luftstromes in der Zeichnung dargestellt hat. Man kann sich davon am besten überzeugen, wenn man eine brennende Kerze in die Sonne stellt und ihren Schatten auf weißes Papier fallen läßt. Es ist doch merkwürdig, daß eine Flamme, die selbst leuchtend genug ist, um andere Körper Schatten werfen zu lassen, auch selbst einen Schatten werfen kann. Dabei sieht man deutlich, wie etwas um die Flamme herumströmt, das kein Theil der Flamme selbst ist, sondern neben ihr aufsteigt und sie mit sich emporzieht. Ich werde jetzt das Sonnenlicht nachahmen, indem ich diese Volta'sche Säule mit einer electrischen Lampe in Verbindung setze. Hier seht unsere selbstgeschaffene Sonne und ihre große Lichtfülle! Wenn ich nun zwischen sie und diesen Schirm eine Kerze stelle, so erhalten wie hier den Schatten der Flamme. Ihr unterscheidet deutlich den Schatten der Kerze und des Dochtes; dann hier den dunklen Theil, wie er auch in Hooker's Zeichnung dargestellt ist, dann eine hellere Partie. Es ist merkwürdig, daß wir den Theil der Flamme im Schatten als den dunkelsten sehen, der in Wirklichkeit der hellste ist. Hier endlich zeigt



Fig. 4.

sich, gleichfalls mit Hooker's Zeichnung übereinstimmend, der aufsteigende Luftstrom, der die Flamme nährt, sie mit sich emporzieht und den Rand des Brennschälchens abkühlt.

Ich kann Euch hier durch einen anderen Versuch zeigen wie die Flamme je nach der Richtung des Luftstroms steigt oder sinkt. An dieser Flamme beabsichtige ich, den aufsteigenden Luftstrom in einen absteigenden

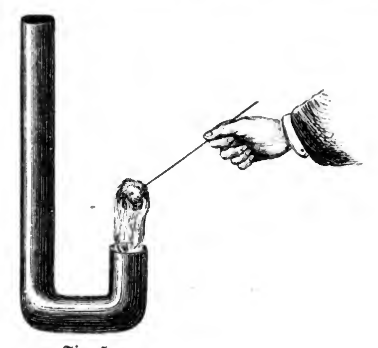


Fig. 5.

umzuwandeln, was ich mit Hilfe des kleinen Apparates, der hier vor mir steht, leicht ausführen kann. Die Flamme ist, wie Ihr seht, keine Kerzenflamme, sondern eine Alkoholflamme, welche keinen Rauch erzeugt; aber Ihr werdet ohne Zweifel das Gemeinsame mit der Kerzenflamme genügend erkennen, um beide mit einander zu vergleichen. Da die Flamme an sich zu schwach leuchtet, als daß Ihr ihre Richtung genau

verfolgen könntet, so werde ich sie durch einen anderen Stoff färben. Ich zünde nun den Spiritus an, und frei in der Luft gehalten, steigt die Flamme naturgemäß aufwärts, wie es jede Flamme unter gewöhnlichen Umständen zufolge des die Verbrennung unterhaltenden Luftstroms thun muß, was Ihr ja nun genau versteht. Jetzt aber seht Ihr, daß ich die Flamme durch Niederblasen in diesen kleinen Schornstein abwärts zu gehen nöthigen kann, indem ich so die Richtung der Strömung umkehre. Vor Abschluß dieser Vorlesungen werde ich Euch eine Lampe vorzeigen, in welcher die Flamme nach oben und der Rauch nach unten, oder der Rauch nach oben und die Flamme nach unten geht. Ihr seht also, daß wir es auf diese Weise in der Gewalt haben, der Flamme verschiedene Richtungen anzuweisen.

Nun muß ich Eure Aufmerksamkeit auf einige andere Punkte lenken. Viele der hier brennenden Flammen weichen in ihrer Form bedeutend von einander ab, und zwar wiederum infolge der Luftströme, die sie in verschiedenen Richtungen umwehen. Andererseits aber können wir auch Flammen herstellen, die wie feste Körper stehen bleiben, sodaß wir sie bequem photographiren können — und letzteres müssen wir auch wirklich thun, um noch mancherlei daran zu untersuchen. Das ist aber nicht das Einzige, was ich zu erwähnen wünsche. Nehme ich eine hinlänglich große Flamme, so behält sie nicht die gleichmäßige bestimmte Gestalt, sondern sie verzweigt sich mit einer ganz

wunderbaren Kraft. Um dies zu zeigen, benutze ich einen anderen Brennstoff, der mir das Wachs oder den Talg der Kerze ersetzen soll. Ich habe hier einen großen Baumwollenballen, welcher als Docht dienen mag. Jetzt, nachdem ich ihn in Spiritus getaucht und entzündet habe — worin unterscheidet er sich von einer gewöhnlichen Kerze? Nun, sehr bedeutend in der Lebhaftigkeit und Gewalt des Brennens, wie wir es an einer Kerzenflamme niemals beobachten können. Seht, wie die schönen Zungen fort und fort in die Höhe schlagen! Die Richtung der Flamme ist dieselbe, von unten nach oben; was man aber in keinem Fall bei einer Kerze wahrnimmt, ist dieses merkwürdige Zerreißen in einzelne Zacken und Spitzen, diese lebhaft hervorleckenden Zungen. Woher kommt das? Ich muß es Euch erklären; denn wenn Ihr das vollkommen versteht, werdet Ihr besser im Stande sein, mir genau bei dem zu folgen, was ich später noch zu sagen habe. Ich glaube, mancher von Euch hat das Experiment selbst schon gemacht, das ich Euch zeigen will. Gewiß haben Viele von Euch sich schon am Snapdragon ergötzt, welches Spiel im Wesentlichen darin besteht, im Dunkeln Branntwein über Rosinen oder Pflaumen in einer Tasse abbrennen zu lassen. Ich kenne keine schönere Erläuterung zu diesem Theil unseres Gegenstandes, als jenes Spiel. Hier habe ich zunächst eine Schale und bemerke dabei, daß man, um ein recht schönes Snapdragon zu bekommen, eine vorher gut erwärmte Schale nehmen

muß; auch sollte man die Pflaumen und den Branntwein vorher erwärmen.

Wie wir bei einer Kerze oben das Schälchen und darin den geschmolzenen Brennstoff haben, so hier die Schale mit dem Spiritus darin, während der Docht hier von den Rosinen vertreten wird. Ich zünde jetzt den Spiritus an, und Ihr seht nun die wundervollen Flammenzungen emporschlagen; Ihr seht, wie die Luft über den Schalenrand hineinsteigt und diese Zungen

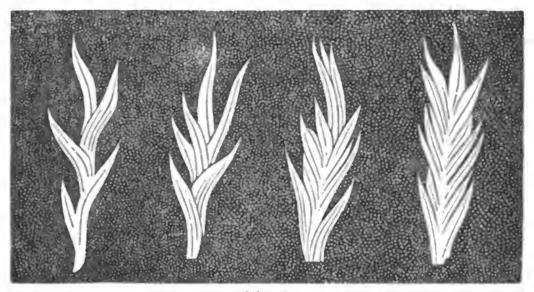


Fig. 6.

emportreibt. Wie so? Nun, bei der Heftigkeit der Luftströmung und der Unregelmäßigkeit des Vorganges kann die Flamme nicht in einem Zuge gleichmäßig emporsteigen. Die Luft fließt so unregelmäßig in die Schale hinein, daß Ihr das, was sich sonst als einheitliches Bild darstellen würde, in eine Menge verschiedener Gestaltungen zerrissen seht, von denen jede ihre eigene unabhängige Existenz besitzt. Ich möchte fast sagen, wir sähen hier eine Anzahl einzeln für sich

bestehender Kerzen vor uns. Aber Ihr müßt Euch nicht vorstellen, daß, weil man alle diese Zungen auf einmal sieht, ihr Gesammtbild die eigenthümliche Gestalt der Flamme darstelle. Niemals hat ein Flammenkörper der Art, wie wir ihn von dem Ball sich erheben sahen, eigentlich die Form, wie sie uns da erschien. Es ist eine Menge von Formen, die so rasch auf einander folgen, daß das Auge sie nicht einzeln zu fassen im Stande ist, sondern den Eindruck von allen gleichzeitig empfängt. Ich habe früher absichtlich eine Flamme von so allgemeinem Charakter besprochen, und in der hier vorliegenden Zeichnung seht Ihr einzelne Gruppen, aus denen sie zusammengesetzt ist; sie sind nicht alle zugleich vorhanden; bei der so raschen Aufeinanderfolge der verschiedenen Gestaltungen scheint es uns nur so.

Es thut mir leid, daß wir heute nicht weiter als zu meinem Snapdragon-Spiel gekommen sind. Es soll mir aber für die Zukunft eine Mahnung sein, mich strenger an die Sache zu halten, und Eure Zeit nicht so sehr mit dergleichen Ausschmückungen in Anspruch zu nehmen.

Zweite Vorlesung.

Nähere Untersuchung der brennbaren Dämpfe in der Flamme. Vertheilung der Hitze in der Flamme. Bedeutung der Luft. Unvollständige Verbrennung; Rußen der Flamme. Verbrennung ohne Flamme (Eisen). Das Leuchten der Flamme. Kohle in der Kerzenflamme. Verbrennungsproducte.

Bei unserem ersten Zusammensein haben wir uns zunächst damit beschäftigt, die Eigenschaften und das Verhalten des geschmolzenen Theils an der Kerze im Allgemeinen kennen zu lernen, und uns über den Weg unterrichtet, auf dem er zum Verbrennungsherd gelangt. Wir sahen ferner, daß eine Flamme, welche in einer gleichmäßig ruhigen Atmosphäre brennt, eine bestimmte Form hat, ungefähr wie es in der Zeichnung dargestellt war, und daß sie hübsch gleichmäßig, obwohl sehr merkwürdig in ihrem Charakter erscheint.

Heute wollen wir unsere Aufmerksamkeit auf die Mittel richten, durch die wir erfahren können, was in jedem einzelnen Theil der Flamme vor sich geht, wie und warum es so vor sich geht, und was nach all diesem zuletzt aus der Kerze wird. Denn Ihr wißt ja: eine Kerze, die da vor uns brennt, verschwindet gänzlich,

wenn sie ordentlich fortbrennt, ohne im Leuchter eine Spur von einem Rückstand zu lassen — gewiß eine höchst merkwürdige Erscheinung.

Um also die Kerzenflamme sorgfältig untersuchen zu können, habe ich hier einen Apparat aufgestellt, dessen Anwendung Ihr gleich kennen lernen sollt.

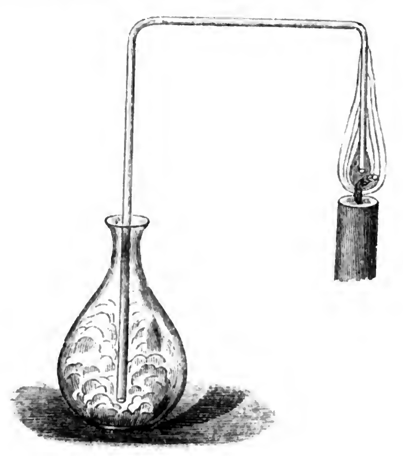


Fig. 7.

Hier ist die Kerze; das Ende dieses Glasröhrchens bringe ich in die Mitte der Flamme, in den Theil also, welchen der alte Hooker in seiner Zeichnung ganz dunkel dargestellt hat und den Ihr ja an jeder ruhig brennenden Flamme genau unterscheiden könnt. Diesen dunkeln Theil also wollen wir zuerst untersuchen..

Indem ich so den einen Schenkel des gebogenen Glasröhrchens hineinhalte, könnt Ihr schon jetzt bemerken, daß etwas von der Flamme herkommt und am andern Ende der Röhre austritt. — Stellt man eine Flasche dorthin und läßt sie eine kurze Zeit dort stehen, so sieht man, daß von dem mittleren Theil der Flamme nach und nach etwas ausgeschieden wird, durch die Röhre in diese Flasche gelangt und daß dort sein Zustand ganz verschieden ist von dem in der freien Luft. Es entweicht nicht nur von dem Ende der Röhre, sondern es fällt auf den Boden der Flasche nieder wie eine schwere Substanz, die es in der That auch ist. Wir finden, daß dies das Wachs der Kerze ist, umgewandelt in ein dampfartiges Fluidum — nicht in ein Gas. (Ihr müßt Euch den Unterschied zwischen Gas und Dampf merken: ein Gas ist etwas Beständiges, der Dampf aber wird leicht wieder verdichtet.)*) Wenn

*) Die Luft ist ein Gas; auch unser gewöhnliches Leuchtgas ist ein solches. Luft und Leuchtgas bewahren unter den verschiedensten Umständen ihre luftartige Beschaffenheit. Die stärkste Winterkälte vermag nicht, sie ihnen zu nehmen. — Anders ein Dampf. Das Wasser z. B. können wir leicht in Dampf verwandeln. Wir thun es, wenn wir es zum Sieden erhitzen. Wird Wasser in einer offenen Schale gekocht, so bemerkt man, daß der Inhalt des Gefäßes sich allmählich vermindert. Das Wasser ist aber nicht verschwunden, es hat sich nur als Dampf in der Luft verbreitet. Dieser Dampf ist unsichtbar wie die Luft selbst, er ist nichts anderes als luftförmiges Wasser. Aber der Wasserdampf verliert seine luft-

Ihr eine Kerze ausblast, so habt Ihr einen häßlichen Geruch, der von der Verdichtung dieses Dampfes herrührt. — Dieser ist ganz verschieden von dem, was sich an der Außenseite der Flamme findet; um Euch das deutlicher zu machen, will ich eine größere Menge dieses Dampfes darstellen und anzünden — denn was wir bei einer gewöhnlichen Kerze nur in geringer Menge finden, müssen wir als Naturforscher in größerem Verhältniß produciren, wenn dieses erforderlich

förmige Beschaffenheit ebenso leicht, wie er sie annahm. Durch bloße Abkühlung wird er wieder flüssig, wie wir im Winter in jeder Küche beobachten können. Das Wasser, welches als Dampf den Kochtöpfen entsteigt und sich unsichtbar in der Luft vertheilt, schlägt sich an den kalten Wänden und Fensterscheiben nieder und rinnt daran in dicken Tropfen herab. — Leiten wir Luft durch kaltes Wasser, so sehen wir die Blasen ungehindert hindurchgehen. Thun wir dasselbe mit dem Dampfe, der aus einem Gefäße mit kochendem Wasser entweicht, so verschwindet jede eintretende Dampfblase, indem sie durch die Berührung mit dem kalten Wasser sogleich selbst in flüssiges Wasser verwandelt wird. — Auch wenn wir eine kalte Platte, einen Deckel oder dergleichen über ein Gefäß mit siedendem Wasser halten, so sehen wir, wie alsbald der aufsteigende Wasserdampf sich tropfbar flüssig an dem kalten Körper niederschlägt.

Aber auch ohne besondere Erwärmung und ohne Sieden geht die Verwandlung des Wassers in Dampf vor sich. Ein Wassertropfen, der auf dem Fußboden vergossen wird, ist nach kurzer Zeit verschwunden; die nasse Wäsche trocknet in wenigen Stunden, wenn sie in der Luft frei aufgehängt wird. Auch dieses beruht auf einer Verwandlung des Wassers in Dampf, aber sie geht langsamer von statten als beim Sieden und nur

ist, damit wir es auf seine verschiedenen Bestandtheile prüfen können. Und jetzt wird Herr Anderson*) mir eine Wärmequelle verschaffen, um Euch zu zeigen, was dieser Dampf ist. Ich habe hier Wachs in einer Glasflasche und mache es heiß, wie ja das Innere der Kerzenflamme und das Brennmaterial um den Docht auch heiß sind. [Der Vortragende bringt etwas Wachs in eine Glasflasche und erhitzt es über einer Lampe.] Jetzt glaube ich, es ist heiß genug für mich. Ihr seht, daß das hineingelegte Wachs flüssig geworden ist, und

---

an der Oberfläche. Vom Spiegel des Meeres verdunsten unausgesetzt ungeheure Massen von Wasser. Der dadurch gebildete Wasserdampf erhebt sich in die Luft, in der er sich zunächst unsichtbar vertheilt. Sobald er aber in der Höhe mit kälteren Luftschichten in Berührung kommt, so kann er nicht mehr als Dampf fortbestehen, er wird zu Wasser und es bilden sich Wolken, Regen oder Schnee. (Auch die Wolken bestehen aus flüssigem Wasser in Gestalt ganz feiner Bläschen, die sich in der Luft schwebend erhalten). — Im Regen fällt der zu Wasser verdichtete Dampf auf die Erde nieder; in Quellen, Bächen, Flüssen strömt er zum Meere zurück, um dann den großen Kreislauf von neuem zu beginnen.

*) Dieser Herr Anderson — Faraday's Gehülfe — war, wie Tyndall erzählt, ein sehr achtbarer, zugleich aber auch ein etwas wunderlicher Mensch. Er sagte wohl gelegentlich von Faraday's Vorlesungen: „Ich mache die Experimente und Faraday macht die Redensarten dazu.“ In seiner liebenswürdigen und heiteren Weise behandelte Faraday den alten Mann auch immer so, als sei dies wirklich ihre gegenseitige Stellung.

periment zeigen. Wenn Ihr eine Kerzenflamme vorsichtig ausblast, seht Ihr Dämpfe davon emporsteigen; Ihr habt sicherlich schon oft den Dampf einer ausgeblasenen Kerze gerochen — es ist ein sehr unangenehmer Geruch. Geschieht aber, wie ich sagte, das Ausblasen recht vorsichtig, so kann man ganz deutlich den Dampf sehen, in welchen sich die feste Masse der Kerze verwandelt

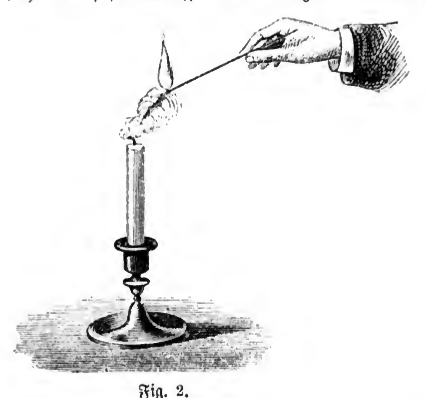


Fig. 2.

hat. Ich werde jetzt eine dieser Kerzen so ausblasen, daß die Luft ringsherum dabei nicht bewegt wird, nämlich mit Hilfe beständig anhaltender Einwirkung meines Athems; und wenn ich nun einen brennenden Span dem Docht auf 2 bis 3 Zoll nähere, so bemerkt Ihr einen Feuerschein, der durch den Dampf hindurchzuckt, bis er zur Kerze gelangt. Mit all dem muß ich sehr rasch fertig werden, weil sich der Dampf, wenn ich

ihm Zeit zum Abkühlen lasse, in flüssiger oder fester Form verdichtet, oder der Strom entzündbarer Substanz sich zerstreut.

Jetzt kommen wir zu Umriß und Gestalt der Flamme. Es ist von Wichtigkeit für uns, den Zustand kennen zu lernen, in welchem sich die Kerzenmasse zuletzt an der Spitze des Dochtes befindet, wo sich in der Flamme ein Glanz und eine Schönheit zeigt, wie sie bei keinem anderen Vorgang zu beobachten ist. Ihr kennt die glänzende Schönheit des Goldes und des Silbers, das noch hellere Schimmern und Glitzern der Edelsteine, wie Rubin und Diamant — aber nichts von alledem kommt dem Glanz und der Schönheit einer Flamme gleich. Welcher Diamant kann leuchten wie die Flamme? Er verdankt seinen Glanz zur Nachtzeit nur eben dieser Flamme, die ihn beleuchtet. Die Flamme erhellt die Finsterniß — das Licht des Diamanten aber ist ein Nichts, es ist erst da, wenn der Strahl einer Flamme auf ihn fällt. Die Kerze allein leuchtet durch sich selbst und für sich selbst, oder für Die, welche ihre Bestandtheile zu einander geordnet haben!



Fig. 3.

Betrachten wir nun etwas näher die Gestalt der

daß ein wenig Rauch von demselben aufsteigt. Wir werden bald den Dampf sich erheben sehen. Indessen mache ich das Wachs noch heißer, damit wir mehr Dampf bekommen, und nun kann ich ihn aus der Flasche in diese Schale gießen und ihn darin entzünden. Das ist alsdann genau derselbe Dampf wie im Innern der Kerzenflamme; und damit Ihr Euch überzeugt, daß dies wirklich der Fall ist, wollen wir untersuchen, ob wir in dieser Flasche hier nicht einen brennbaren Dampf aus der Mitte der Kerzenflamme erhalten haben. [Indem er die Flasche, in welche die Röhre von der Kerze einmündet, nimmt und einen brennenden Wachsstock hineinführt.] Seht, wie es brennt! Nun, dies ist der Dampf aus der Mitte der Kerze, erzeugt durch ihre eigne Hitze; und das ist einer der ersten Punkte, die Ihr Euch in der Reihenfolge der Verwandlungen zu merken habt, welche das Wachs bei der Verbrennung erleidet. Ich will jetzt eine andere Röhre vorsichtig in die Flamme bringen, und es soll mich nicht wundern, wenn wir bei einiger Sorgfalt im Stande sind, diesen Dampf durch die Röhre bis zum andern Ende fortzuleiten, wo wir ihn anzünden wollen und genau die Flamme einer Kerze an einer von derselben entfernten

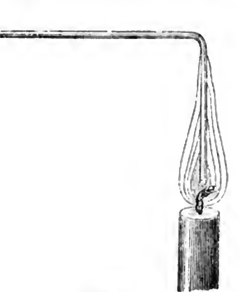


Fig. 8.

Stelle erhalten werden. Nun, seht hier! Ist das nicht ein recht niedliches Experiment? Sprecht von Gasleitung — wir können von Kerzenleitung sprechen! Ihr erkennt hieraus, daß der Prozeß in zwei deutlich verschiedenen Theilen vor sich geht: der eine ist die Erzeugung des Dampfes, der andere die Verbrennung desselben — beide spielen sich an besonderen Stellen der Kerzenflamme ab.

Von dem schon verbrannten Theile kann ich keinen Dampf erhalten. Wenn ich die Röhre in Fig. 7 zum obern Theil der Flamme hebe, so wird, sobald der Dampf ausgeschlossen ist, das, was nun in die Röhre geht, nicht mehr brennbar sein; denn es ist ja schon verbrannt. — Wie verbrannt? — In der Mitte der Kerze am Docht befindet sich der brennbare Dampf; außerhalb der Flamme ist die Luft, die wir für das Brennen einer Kerze nothwendig finden werden. Zwischen diesen beiden geht ein kräftiger chemischer Prozeß vor sich, bei dem die Luft und der Brennstoff auf einander wirken; und genau zu derselben Zeit, während der wir das Licht erhalten, wird der Dampf zerstört. Wenn Ihr prüft, wo die heißeste Stelle der Flamme ist, so werdet Ihr das merkwürdig eingerichtet finden. Ich nehme z. B. diese Kerze und halte ein Stück Papier dicht über die Flamme: wo ist die größte Hitze dieser Flamme? Ihr seht, daß sie nicht im Innern ist. Sie ist in einem Ringe, genau an dem Orte, von dem ich sagte, daß dort der chemische Prozeß vor sich

geht, und trotzdem ich dieses Experiment jetzt nicht mit der wünschenswerthen Sorgfalt ausführen kann, wird es immer ein Ring sein, wenn nicht gar zu viel Unruhe herrscht. Das ist ein Experiment, das Ihr gut zu Hause machen könnt. Nehmt einen Papierstreifen, sorgt dafür, daß die Luft im Zimmer ruhig ist, und haltet das Papier gerade über die Mitte der Flamme — doch ich darf nicht sprechen, während ich das Experiment mache — Ihr werdet finden, daß es an zwei Stellen verbrannt, in der Mitte aber nur wenig oder gar nicht angebrannt ist. Habt Ihr nun dieses Experiment ein- oder zweimal gemacht, sodaß es gut gelingt, so ist es sehr interessant zu sehen, wo die größte Hitze ist, und zu finden, daß sie da ist, wo Luft und Brennstoff zusammentreffen.

Das ist bei unserm ferneren Vorwärtsgehen sehr wichtig für uns. Luft ist unumgänglich nothwendig zur Verbrennung; und was mehr ist: ich muß betonen, daß *frische* Luft nöthig ist; denn sonst würden wir unvollkommen combiniren und experimentiren. Ich habe hier eine Flasche voll Luft und stülpe sie über eine Kerze, die zuerst darin ganz hübsch brennt und zeigt, daß das, was ich sagte, wahr ist. Bald aber tritt eine Veränderung ein. Seht, wie sich die Flamme nach oben zieht, nun schwach und schwächer wird und zuletzt verlöscht. Und verlöscht, warum? Nicht weil sie nur nach Luft verlangt — denn die Flasche ist noch ebenso voll wie vordem — sondern weil sie *reine*,

frische Luft haben will. Die Flasche ist voll Luft, die theils verändert, theils nicht verändert ist; aber sie enthält nicht genug reine Luft, wie es zur Verbrennung einer Kerze nöthig ist. Das alles sind Punkte, die wir als junge Chemiker uns merken müssen, und wenn wir ein wenig genauer auf derartige Vorgänge achten, so werden wir verschiedene Anknüpfungspunkte zu sehr interessanten Betrachtungen finden. Zum Beispiel habe ich hier die Oellampe, die ich Euch zeigte, eine vorzügliche Lampe für unsere Experimente, es ist die bekannte Argand'sche Lampe. Ich verwandle sie jetzt in eine Kerze (indem ich den Durchgang der Luft in das Innere der Flamme verstopfe). Hier ist der Docht, hier steigt das Oel in ihm empor, und da haben wir die kegelförmige Flamme. Sie brennt spärlich, weil die Luft theilweise abgesperrt ist. Ich habe der Luft nur zu der Außenseite der Flamme den Zutritt gestattet, weshalb sie nicht gut brennt. Ich kann nicht mehr Luft von außen her zulassen, da der Docht zu groß ist; wenn ich aber, wie es Argand so sinnreich that, einen Durchgang zur Mitte der Flamme öffne, und so die Luft hineintreten lasse, so werdet Ihr sehen, wie viel schöner sie brennt. Wenn ich die Luft abschließe, so seht nur, wie sie raucht. Aber warum? Da haben wir einige sehr interessante Punkte zu untersuchen. Wir hatten den Fall der vollkommenen Verbrennung einer Kerze; wir hatten den Fall, daß eine Kerze aus Luftmangel verlöschte und haben jetzt den Fall

von unzureichender Verbrennung, was für uns so interessant ist, daß ich wünsche, Ihr möchtet es ebenso gut verstehen, wie die bestmögliche Verbrennung einer Kerze. Ich will jetzt eine große Flamme machen, weil wir Versuche in möglichst großem Maßstabe brauchen. Hier ist ein größerer Docht, ein Baumwollenballen mit brennendem Terpentinöl. Alle dergleichen Dinge sind ja ganz dasselbe wie Kerzen. Wenn wir größere Dochte nehmen, müssen wir eine stärkere Luftzufuhr bewirken, oder wir werden doch eine unvollkommene Verbrennung haben. Seht Euch jetzt diese schwanze Substanz an, die in die Luft steigt, es ist ein ganz regelmäßiger Strom. Ich habe jedoch Vorkehrungen getroffen, den unvollkommen verbrannten Theil fortzuschaffen, damit er Euch nicht beschmutzt. Seht den Ruß, der von der Flamme fortfliegt; seht, wie unvollkommen die Verbrennung ist, da nicht genug Luft hinzutritt. Was geschieht also? Nun, einige zur Verbrennung nöthigen Dinge sind nicht da, und infolge dessen werden schlechte Resultate erzielt. Indessen sehen wir, wie es einer Kerze geht, wenn sie in reiner, also tauglicher Luft brennt. Als ich Euch die Verkohlung durch den Ring der Flamme auf der einen Seite des Papiers zeigte, hätte ich es auch umdrehen und Euch zeigen können, daß bei der Verbrennung einer Kerze dieselbe Art von Ruß — Kohle — entsteht.

Aber bevor ich dieses zeige, ist es für unsern Zweck sehr nothwendig, noch einen andern Gegenstand

kennen zu lernen. Obgleich uns nämlich die Kerze das allgemeine Resultat ihrer Verbrennung stets in Form einer Flamme darstellt, so müssen wir doch zusehen, ob eine Verbrennung immer in dieser Weise vor sich geht, oder ob es auch noch andere Arten von Verbrennung giebt, und wir werden bald entdecken, daß Letzteres der Fall und daß dieses sehr wichtig für uns ist. Ich glaube, die beste Art der Veranschaulichung für uns junge Leute ist vielleicht, die Erscheinungen im stärksten Gegensatze zu zeigen. Hier habe ich ein wenig Schießpulver. Ihr wißt, daß das Pulver mit einer Flamme brennt — wir dürfen es Flamme nennen; es enthält Kohle und andere Stoffe, welche verursachen, daß es mit Flamme brennt. Ferner habe ich hier pulverisirtes Eisen oder Eisenfeilspäne. Jetzt will ich diese beiden Dinge zusammen verbrennen. Ich habe hier einen kleinen Mörser, in welchem ich sie mische. (Bevor ich an diese Experimente gehe, will ich warnen, daß sie Niemand von Euch aus Spielerei nachmacht und sich dabei beschädigt. Dergleichen Dinge können wohl gemacht werden, wenn man sich in Acht nimmt; sonst aber kann man damit viel Unheil anrichten.) Hier ist also ein wenig Pulver, welches ich auf den Boden dieses kleinen Holzgefäßes lege und mit Eisenfeilspänen vermische; ich beabsichtige nun, durch das Pulver die Feilspäne in Brand zu setzen und sie in der Luft zu verbrennen, um hierbei den Unterschied zwischen Substanzen, die mit, und solchen, die ohne

Flamme brennen, zu zeigen. Hier ist die Mischung, und wenn ich sie entzünde, wobei Ihr genau auf die Verbrennung achten müßt, so werdet Ihr sehen, daß diese eine zweifache ist. Ihr werdet das Pulver mit Flamme brennen und Feilspäne aufgewirbelt sehen, und zwar auch sie brennend, jedoch ohne Flamme. Ein jedes brennt für sich allein. [Der Vortragende setzt nun die Mischung in Brand.] Hier das Pulver brennt mit einer Flamme; die Feilspänne dagegen zeigen eine andere Art von Verbrennung. Da seht Ihr nun die zwei verschiedenen Erscheinungen; und hiervon hängt alle Brauchbarkeit und Schönheit der Flammen ab, die wir zur Beleuchtung benutzen wollen. Wenn wir Oel, Gas oder Kerzen zur Beleuchtung gebrauchen, so beruht ihre Brauchbarkeit auf diesen verschiedenen Arten der Verbrennung.

Der Verbrennungsprozeß bietet soviel Merkwürdiges dar, daß es einiger Klugheit und Unterscheidungsgabe bedarf, um die einzelnen Arten der Verbrennung eine jede in ihrer besonderen Art zu erkennen. Hier ist zum Beispiel ein Pulver, welches sehr leicht verbrennt, und das, wie Ihr seht, aus lauter einzelnen kleinen Körnchen besteht. Man nennt es Lycopodium (Bärlappsamen, Hexenmehl), und jedes dieser Körnchen kann einen Dampf entwickeln und seine eigene Flamme erzeugen; wenn man sie abbrennt, so glaubt man, es sei Alles *eine* Flamme. Ich werde einen Theil anzünden, damit Ihr die Erscheinung beobachten könnt. Wir sehen eine Feuerwolke, augenscheinlich eine einzige

Masse; aber jenes knisternde Geräusch, das sich beim Abbrennen wahrnehmen läßt, ist ein Beweis, daß die Verbrennung keine zusammenhängende und gleichmäßige ist. Auf dem Theater wird damit der Blitz sehr gut nachgeahmt. [Das Experiment wird zweimal wiederholt, indem der Vortragende das Lycopodium aus einer Glasröhre durch eine Spiritusflamme bläst.] Es ist dies kein Fall einer Verbrennung, wie die der Eisenfeilspäne, von der ich gesprochen habe und auf die wir jetzt zurückkommen müssen.

Denkt Euch, ich nehme eine Kerzenflamme und prüfe den Theil derselben, der unserem Auge am hellsten erscheint. Nun, da bekomme ich diese schwarzen Theilchen, welche Ihr schon oft aus der Flamme sich ausscheiden sahet, und die ich jetzt auf eine andere Weise ausscheiden will. Ich werde dieses Licht nehmen und das Herabgeträufelte davon entfernen, welches infolge der Luftströmungen entstanden ist. Wenn ich nun eine Glasröhre gerade in diesen leuchtendsten Theil tauche, wie bei unserem ersten Experiment, nur höher, so seht Ihr, was geschieht. Statt des damals weißen, werden wir jetzt einen schwarzen Dampf haben. Er steigt empor so schwarz wie Tinte. Er ist in der That sehr verschieden von dem weißen Dampf, und wenn wir ihm eine Flamme nähern, so finden wir, daß er nicht brennt, sondern das Licht auslöscht. Nun dieser schwarze Stoff ist eben, wie ich sagte, der Rauch der Kerze, und dies erinnert mich an die alte Anwendung, welche Dean Swift seinen Dienstboten zur Unter-

haltung empfahl, nämlich auf der Decke des Zimmers mit einer Flamme zu schreiben. Aber was ist diese schwarze Substanz? Es ist dieselbe Kohle, welche wir schon früher aus der Kerze erhielten. Wie kann sie sich aus der Kerze bilden? Sie war offenbar in der Kerze vorhanden, sonst könnte sie nicht hier sein. Und nun folgt mir genau in meiner Auseinandersetzung. Ihr werdet wohl kaum glauben, daß alle die Substanzen, die in Gestalt von Ruß und schwarzen Flöckchen in London herumfliegen, gerade die Schönheit und das Leben der Flamme ausmachen, und daß sie in derselben so verbrannt werden, wie die Eisenfeilspäne hier. Hier ist ein Stück Drahtgeflecht, welches die Flamme nicht hindurch läßt, und wenn ich es niedrig genug halte, daß es den Theil der Flamme berührt, welcher sonst so hell ist, so werdet Ihr sehen, daß es diesen sogleich hemmt und dämpft und eine Menge Rauch aufsteigen läßt.

Ich bitte Euch nun, auf das Folgende zu achten. Wenn eine Substanz brennt, wie die Eisenfeilspäne in der Pulverflamme, ohne dabei dampfförmig zu werden (sei es, daß sie flüssig wird, oder fest bleibt), so leuchtet sie sehr stark. Ich habe hier einige Beispiele gewählt, welche von der Kerze unabhängig sind, um Euch diesen Punkt zu erläutern; denn was ich sagte, gilt von allen Substanzen, ob sie brennen oder nicht brennen, — daß sie nämlich ausnehmend leuchtend sind, wenn sie ihren festen Zustand auch in

der Hitze behalten. Und die Kerze verdankt der Anwesenheit fester Theilchen in der Flamme ihre Leuchtkraft.

Hier ist ein Platindraht, ein Körper, der sich durch Hitze nicht verändert. Wenn ich ihn in dieser Flamme erhitze, so seht nur wie außerordentlich hell er leuchtet. Ich werde die Flamme klein machen, damit sie nur wenig Licht giebt, und dennoch werdet Ihr sehen, daß die Hitze, die sie diesem Platindraht mittheilen kann, obwohl viel geringer als die eigene, doch im Stande ist, dem Drahte bedeutend mehr Leuchtkraft zu geben. Diese Flamme enthält Kohle; jetzt will ich aber eine Flamme nehmen, die keine Kohle enthält. In dem Gefäß hier ist ein Material, eine Art Brennstoff — eine Luftart oder ein Gas, wie Ihr es nennen wollt —, und darin sind keine festen Theile enthalten. Ich wähle diesen Stoff, weil er uns das Beispiel einer Flamme geben wird, welche brennt, ohne daß irgend ein fester Körper dabei auftritt. Wenn ich nun diesen festen Körper hineinhalte, so seht Ihr, welche intensive Hitze die Flamme hat und wie hell sie den festen Körper erglühen macht. Durch diese Röhre leiten wir dieses absonderliche Gas, welches wir Wasserstoff nennen, und welches Ihr bei unserer nächsten Zusammenkunft näher kennen lernen sollt. Und hier ist eine Substanz Namens Sauerstoff, mit deren Hülfe der Wasserstoff brennen kann; aber obwohl wir durch die Verbindung beider eine bedeutend höhere Temperatur als durch die Verbrennung einer Kerze erzeugen können, so

leuchtet die Flamme doch nur wenig. Bringe ich dagegen einen festen Körper hinein, so erhalten wir ein sehr intensives Licht. Wenn ich ein Stück Kalk nehme, eine Substanz, die nicht brennt und durch Hitze nicht verflüchtigt wird (also fest bleibt), so werdet Ihr bald sehen, was geschieht, wenn der Kalk glüht. Bei der Verbrennung von Wasserstoff in Sauerstoff wird sehr große Hitze, aber sehr wenig Licht entwickelt, letzteres also nicht aus Mangel an Hitze, sondern an Theilchen, welche fest sind und auch in ihrem festen Zustande verharren. Halte ich aber dieses Stück Kalk in die Flamme — seht, wie es glüht! Es ist dies das berühmte Kalk-Licht, welches mit dem Volta'schen Licht wetteifert und dem Sonnenlicht beinahe gleich kommt. Hier habe ich ein Stück Holzkohle, welche brennt und uns genau in derselben Weise Licht giebt, als ob sie als Bestandtheil einer Kerze verbrannt würde. Die Hitze einer Kerzenflamme zersetzt den Wachsdampf und macht die Kohlentheile frei; diese steigen erhitzt und glühend empor, wie dies hier glüht, und entweichen dann in die Luft — freilich nicht in Form von Kohle, sondern in vollkommen unsichtbarer Gestalt, worüber wir später sprechen werden.

Ist es nicht von großem Reiz, Einsicht in einen Prozeß zu gewinnen, durch den ein so schmutziges Ding wie eine Kohle so hell leuchtend werden kann? Ihr seht, es kommt darauf hinaus, daß alle hellen Flammen solche feste Theile enthalten. Alle Körper,

welche brennen und dabei feste Theilchen entwickeln, entweder während der Entzündung, wie die Kerze, oder unmittelbar danach, wie das Schießpulver und die Eisenfeilspäne, alle solche Körper geben uns ein helles und schönes Licht.

Ich will Euch das durch ein paar weitere Experimente zu veranschaulichen suchen. Hier ist ein Stück Phosphor, der mit heller Flamme brennt. Wir müssen hieraus schließen, daß dieser Phosphor entweder



Fig. 9.

in dem Moment der Entzündung oder später solche feste Theilchen absondert. Ich zünde nun den Phosphor an und bedecke ihn mit einer Glasglocke, um die Verbrennungsproducte aufzufangen. Was bedeutet all der Rauch? Dieser Rauch besteht eben aus jenen Theilchen, die durch die Verbrennung des Phosphors gebildet werden. — Hier haben wir zwei andere Stoffe. Dies ist chlorsaures Kali und dies ist Schwefelantimon. Ich werde sie zusammenmischen, und dann

können sie auf verschiedene Art in Brand gesetzt werden. Ich will sie zunächst, um Euch ein Beispiel chemischer Reaction zu geben, mit einem Tropfen Schwefelsäure berühren, und sie werden augenblicklich brennen. [Der Vortragende entzündet die Mischung durch Schwefelsäure.] Nun könnt Ihr schon aus dem Augenschein selbst schließen, ob diese Stoffe feste Producte liefern. Ich habe Euch ja den Weg zu dieser Schlußfolgerung gezeigt; denn wodurch ist diese Flamme sonst so hell, als durch die emporsteigenden glühenden festen Theile?

Herr Anderson hat da in dem Ofen einen Tiegel stark erhitzt, in den ich einige Zinkfeilspäne werfen will, die dann mit einer Flamme wie Schießpulver brennen werden. Ich mache Euch dieses Experiment hier vor, weil Ihr es zu Hause gut nachmachen könnt. Jetzt sollt Ihr sehen, was das Verbrennungsproduct des Zinkes ist. Hier brennt das Zink. Es brennt wundervoll wie eine Kerze. Aber was bedeutet all dieser Rauch? Was sind diese kleinen Wollenflöckchen, die zu Euch hinfliegen, da Ihr nicht zu ihnen kommen könnt? Es ist dies die sogenannte Philosophenwolle der Alten. Wir werden finden, daß auch in dem Tiegel noch eine Menge dieser wolligen Substanz zurückgeblieben ist. Doch will ich das Experiment noch ein wenig anders machen und doch dasselbe Resultat erzielen. Hier habe ich ein Stückchen Zink; hier [indem er auf einen Wasserstoffbrenner zeigt] ist der Verbrennungsherd, und wir wollen ans Werk gehen und das Metall zu ver-

brennen versuchen. Ihr seht, wie es glüht; da haben wir die Verbrennung und hier die weiße Substanz, zu der es verbrennt. Und wenn ich also diese Wasserstoffflamme als Vertreter der Kerze nehme und Euch eine Substanz wie das Zink in der Flamme brennend zeige, so werdet Ihr sehen, daß diese Substanz allein während der Verbrennung glühte, so lange sie heiß erhalten wurde; und wenn ich nun diese weiße Substanz wieder in die Wasserstoffflamme bringe, so seht nur, wie schön sie glüht, und zwar gerade darum, weil es eine feste Substanz ist.

Ich will nun eine Flamme nehmen, wie ich sie schon einmal benutzt habe, und will aus ihr die Kohlentheilchen in Freiheit setzen. Ich nehme etwas Benzin, das mit viel Rauch brennt; aber ich lasse die Rauchtheilchen durch diese Röhre in die Wasserstoffflamme gehen, wo Ihr sie brennen und leuchten sehen werdet, weil ich sie zum zweiten Male erhitze. Seht jetzt! Da sind die Kohlentheilchen zum zweiten Mal entzündet. Ihr werdet diese Theilchen besser sehen, wenn ich ein Stück Papier hinter sie halte; so lange sie sich innerhalb der Flamme befinden, glühen sie durch die Hitze derselben und erzeugen eben so lange diese Helligkeit. Werden solche Theilchen nicht abgeschieden, so erhält die Flamme keine Leuchtkraft. Auch die Leuchtgasflamme verdankt ihre Helligkeit der Ausscheidung solcher Kohlentheilchen während des Brennens; denn sie sind im Leuchtgas ebenso vorhanden,

wie in einer Kerze. Ich kann diese Anordnung schnell umändern. Hier ist z. B. eine Gasflamme. Wenn ich dieser Flamme so viel Luft zuführe, daß alles verbrannt ist, bevor jene Theilchen frei geworden sind, so erhalte ich keine Helligkeit. Das kann ich folgendermaßen bewerkstelligen: Wenn ich diese Kappe aus Drahtgeflecht auf den Brenner setze und dann darüber das Gas anzünde, so brennt es mit einer nichtleuchtenden Flamme, und das kommt daher, daß sich das Gas mit viel Luft mischt, ehe es zum Brennen gelangt. Und wenn ich das Drahtgeflecht emporhebe, so seht Ihr, daß es darunter nicht brennt. Im Gas ist viel Kohle; aber weil die atmosphärische Luft hinzutreten und sich vor dem Brennen damit mischen kann, so brennt es mit der blassen blauen Flamme, die Ihr hier sehet. Und wenn ich auf eine helle Gasflamme blase, so daß alle Kohle verbrannt wird, bevor sie zum Glühen kommt, so wird sie gleichfalls blau brennen. [Der Vortragende veranschaulicht diese Bemerkung, indem er auf ein Gaslicht bläst.] Der einzige Grund, weshalb ich nicht dasselbe helle Licht erhalte, wenn ich so auf die Flamme blase, ist; daß die Kohle mit einer hinreichenden Luftmenge zusammenkommt, um zu verbrennen, ehe sie in der Flamme in freiem Zustande ausgeschieden wird. Der Unterschied wird nur dadurch hervorgerufen, daß keine festen Theilchen ausgeschieden werden, ehe das Gas verbrannt ist.

Ihr seht, daß sich bei der Verbrennung einer

Kerze bestimmte Producte bilden, und daß ein Theil derselben in Kohle oder Ruß besteht. Die Kohle liefert, wenn sie nachher selbst verbrannt wird, ein anderes Verbrennungsproduct, und es ist für uns sehr wichtig, die Natur dieses letzteren Productes zu bestimmen. Wir haben gesehen, daß bei der Verbrennung etwas entweicht, und ich muß Euch nunmehr auch darthun, wie viel in die Luft geht. Zu diesem Zweck wollen wir eine Verbrennung in etwas größerem Maßstabe vornehmen. Von dieser Kerze steigt erhitzte Luft auf und zwei oder drei Experimente werden Euch den aufsteigenden Strom zeigen. Um Euch aber die Menge der auf diese Art aufsteigenden Stoffe bemerkbar zu machen, will ich ein Experiment ausführen, bei dem ich einige Producte dieser Verbrennung aufzufangen gedenke. Zu diesem Zwecke habe ich hier einen Feuer-Ballon, wie ihn die Knaben nennen, den ich gleichsam als Meßgefäß für die gebildeten Verbrennungsproducte benutze. Ich will mir auf die leichteste und einfachste Art eine Flamme herstellen, wie sie meinem augenblicklichen Bedarf am dienlichsten ist. Diesen Teller wollen wir als das „Schälchen" der Kerze ansehen, dieser Spiritus ist unser Brennstoff, und darüber setze ich nun einen Schornstein; es ist besser für mich, es so zu machen, als aufs Gerathewohl ans Werk zu gehen. Herr Anderson wird jetzt den Spiritus anzünden, und hier oben werden wir die Verbrennungsproducte auffangen. Was wir am

Ende dieser Röhre erhalten, das ist, allgemein gesprochen, ganz dasselbe, was man beim Verbrennen einer Kerze erhält; hier aber bekommen wir keine leuchtende Flamme, weil wir ein Brennmaterial an-

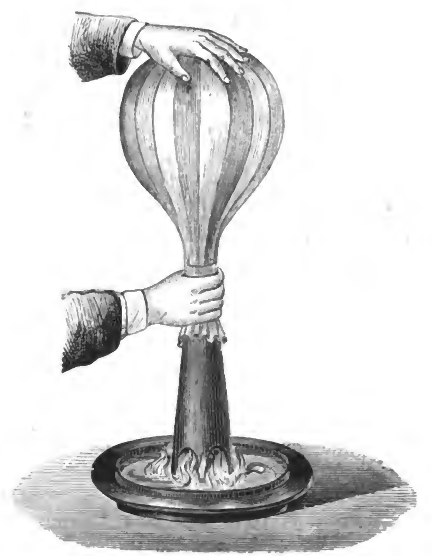


Fig. 10.

wenden, das arm an Kohlenstoff ist. Ich werde nun den Ballon aufsetzen, nicht um ihn steigen zu lassen — denn das ist nicht meine Aufgabe — sondern um Euch die Verbrennungsproducte zu zeigen, die von der Kerze ebenso aufsteigen, wie hier aus dem Schornstein.

[Der Ballon wird über den Schornstein gehalten und beginnt sich sogleich zu füllen.] Ihr seht, wie gern er aufsteigen möchte; aber wir dürfen das nicht zulassen. weil er sonst mit den Gasflammen dort oben in Berührung kommen könnte, was recht unangenehm wäre. [Die oberen Flammen werden auf Wunsch des Vortragenden ausgedreht, und nun darf der Ballon aufsteigen.] Zeigt Euch das nicht, was für eine große Menge Stoff sich hierbei entwickelt?

Durch diese Röhre [der Vortragende hält eine weite Glasröhre über eine Kerze] nehmen alle Verbrennungsproducte der Kerze ihren Weg, und Ihr werdet gleich bemerken, wie die Röhre ganz undurchsichtig wird. Ich nehme nun eine andere Kerze, setze sie unter eine Glasglocke und stelle dahinter ein Licht, damit Ihr deutlich beobachten könnt, was darin vor sich geht. Ihr seht, die Wände der Kerze werden trübe, und die Kerze beginnt schwach zu brennen. Es sind die Verbrennungsproducte, welche das Licht so verdunkeln und welche zugleich die Glocke so undurchsichtig machen. Wenn Ihr nach Hause kommt und einen Löffel nehmt, der in der kalten Luft gelegen hat, und haltet ihn über eine Kerze — aber nicht so, daß er berußt wird — so werdet Ihr finden, daß er ein ebenso mattes Ansehen bekommt, wie die Glocke hier. Wenn Ihr eine silberne Schale bekommen könnt oder etwas der Art, so wird Euch das Experiment noch besser gelingen. Und nun, um Eure Gedanken schon in voraus

auf unsere nächste Zusammenkunft zu lenken, will ich Euch noch sagen, daß es **Wasser** ist, was das Mattwerden bewirkt, und das nächste Mal werde ich Euch zeigen, wie wir dasselbe ohne Schwierigkeit nöthigen können, die Form einer Flüssigkeit anzunehmen.

Dritte Vorlesung.

Wasser als Verbrennungsproduct der Kerze. Eigenschaften des Wassers; seine Aggregatzustände. Wasserstoff als Bestandtheil des Wassers. Darstellung und Eigenschaften des Wasserstoffs. Wasser als Verbrennungsproduct des Wasserstoffs. Die Volta'sche Säule.

Ihr werdet Euch erinnern, daß ich vor unserem Auseinandergehen das Wort „Verbrennungsproducte“ gebrauchte, und daß wir im Stande sind, mit entsprechenden Vorrichtungen verschiedene derartige Producte von einer brennenden Kerze aufzufangen. Die eine Substanz konnten wir nicht erhalten, wenn die Kerze ordentlich brannte: die Kohle oder den Rauch; ferner lernten wir auch einen Stoff kennen, der von der Flamme aufstieg und nicht als Rauch erschien, sondern eine andere Form annahm und einen Theil des unsichtbaren Stromes ausmachte, der von der Kerze aufsteigt und entweicht. Es waren aber noch andere Producte zu erwähnen. Ihr erinnert Euch, daß wir in dem von der Kerzenflamme aufsteigenden Strome einen Bestandtheil fanden, der sich an einem kalten

Löffel oder an einem reinen Teller oder an irgend einem kalten Gegenstande verdichten ließ, und daß wiederum ein anderer Theil nicht verdichtbar war.

Wir wollen den verdichtbaren Theil zuerst genauer untersuchen; seltsam genug finden wir, daß er nichts als Wasser ist. Das vorige Mal sprach ich beiläufig davon, indem ich nur sagte, daß Wasser unter den condensirbaren Producten einer Kerze sei; heute aber möchte ich Eure Aufmerksamkeit eingehender auf das Wasser lenken, das wir sorgsam untersuchen wollen, namentlich in seiner Beziehung auf unsern Gegenstand, wie auch in Rücksicht auf sein Vorkommen auf der Erdoberfläche.

Nun, nachdem ich sorgfältig ein Experiment zur Verdichtung des Wassers aus den Verbrennungsproducten einer Kerze vorbereitet habe, will ich Euch zunächst dieses Wasser zeigen; das beste Mittel, die Gegenwart des Wassers so Vielen zugleich zu beweisen, ist vielleicht, eine recht sichtbare Wirkung des Wassers zu zeigen, und diese dann als Prüfstein für das, was sich als Tropfen an dem Boden des Gefäßes gesammelt hat, anzuwenden. Ich habe hier eine eigenthümliche Substanz, das von Humphrey Davy entdeckte Kalium, welches eine sehr energische Wirkung auf Wasser übt, und dieses werde ich benutzen, um die Gegenwart des Wassers nachzuweisen. Ich nehme ein Stückchen davon und werfe es in diese Schüssel, und Ihr seht, wie es die Gegenwart von Wasser anzeigt, indem es sich entzündet

und emporschnellt, mit violetter Flamme brennend. Ich nehme jetzt die Kerze fort, die unter dieser Schale mit Eis und Salz gebrannt hat, und Ihr seht einen Wassertropfen, als condensirtes Product der Kerze, an der untersten Stelle des Gefäßes hängen. Ich will Euch zeigen, daß das Kalium dieselbe Wirkung darauf ausübt, wie auf das Wasser in dem Gefäße, mit dem wir es soeben versucht haben. Seht, es fängt Feuer und brennt in derselben Weise. Ich werde einen andern Tropfen auf diese Glasplatte bringen, und wenn ich Kalium hinzufüge, so werdet Ihr aus dem Umstand, daß es Feuer fängt, sogleich schließen, daß Wasser vorhanden ist. Nun, dieses Wasser ist aus der Kerze entwickelt worden. Ebenso werdet Ihr sehen, wenn ich die Spirituslampe unter das Gefäß stelle, daß dieses von dem Thau, der sich an demselben niederschlägt, feucht wird — in dem Thau haben wir wieder dasselbe Verbrennungsproduct — und an den Tropfen, die auf ein untergehaltenes Stück Papier herabfallen, könnt



Fig 11.

Ihr sehen, daß sich eine ziemliche Menge Wasser bei der Verbrennung bildete. Ich will es jetzt bei Seite stellen, und Ihr mögt nachher sehen, wie viel Wasser sich angesammelt hat. Nehme ich eine Gaslampe und bringe ich irgend eine abkühlende Vorrichtung darüber, so erhalte ich gleichfalls Wasser, welches ebenso durch die Verbrennung des Gases gebildet wird. In dieser Flasche hier ist eine Quantität Wasser, ganz reines destillirtes Wasser, welches aus einer Gasflamme aufgefangen wurde; es ist in keiner Weise verschieden von anderem destillirten Wasser, mag man es aus Quell-, Fluß- oder Seewasser destilliren; immer ist destillirtes Wasser ein und dasselbe, es ist ein Körper von stets gleicher Beschaffenheit. Wir können es absichtlich mit anderen Dingen vermischen, oder wir können es zersetzen und andere Dinge daraus darstellen: aber Wasser als solches bleibt immer dasselbe, ob in festem, flüssigem oder luftförmigem Zustand. Hier ferner [eine andere Flasche emporhaltend] habe ich Wasser, das aus einer Oelflamme gewonnen wurde. Ein Maß Oel liefert bei der Verbrennung über ein Maß Wasser. Hier ist Wasser, das durch ein längeres Experiment aus einer Wachskerze entwickelt wurde. Und so können wir mit fast allen brennbaren Substanzen verfahren, die mit einer Flamme ähnlich der Kerze brennen, und wir werden finden, daß sie Wasser erzeugen. Ihr könnt diese Experimente selbst machen; der Kopf eines Schüreisens z. B. eignet sich ganz gut zu solchen Ver-

suchen, er bleibt über der Flamme lange genug kalt, sodaß man an demselben Wasser in Tropfen condensirt erhalten kann; auch jedweden Löffel oder irgend ein ähnliches Instrument könnt Ihr dazu brauchen, vorausgesetzt, daß es rein ist und die Wärme gut ableitet, sodaß dadurch das Wasser verdichtet wird.

Um nun dem Wesen dieser wunderbaren Bildung des Wassers aus Brennstoffen und durch Verbrennung näher zu treten, muß ich zunächst von den verschiedenen Formen sprechen, in denen das Wasser auftritt; und obgleich Euch dieselben wohl alle bekannt sein mögen, so ist es doch für unsern augenblicklichen Zweck nöthig, sie etwas näher zu betrachten, damit Ihr seht, wie das Wasser, während es seine Proteus-Verwandlungen durchmacht, doch immer ganz und gar dasselbe Ding ist, ob es nun durch Verbrennung aus einer Kerze oder durch Destillation aus Fluß- oder Meerwasser gewonnen wurde.

Zunächst: wenn das Wasser stark abgekühlt ist, so bildet es das Eis. Wir als Naturforscher — ich darf Euch und mich in diesem Falle wohl so nennen — wir sprechen vom Wasser als Wasser, es sei im festen oder flüssigen oder gasförmigen Zustand; wir haben es hier stets nur mit Wasser im chemischen Sinne zu thun. Das Wasser ist aus zwei Stoffen zusammengesetzt, von denen wir den einen aus der Kerze genommen haben, während wir den andern an einem andern Orte finden werden. Wasser kann uns als

Eis begegnen, und Ihr habt im Winter die beste Gelegenheit, es als solches zu sehen. Das Eis wird wieder zu Wasser, wenn die Temperatur steigt, und das Wasser geht in Dampf über, wenn es hinlänglich erhitzt wird. Das flüssige Wasser, welches wir hier vor uns haben, befindet sich in seinem dichtesten Zustande. Ob wir es nämlich durch Abkühlung in Eis oder durch Erhitzen in Dampf verwandeln, es nimmt stets an Volumen zu — in dem einen Falle auf sehr merkwürdige Art und mit großer Gewalt, im anderen in sehr bedeutendem Grade. Ich werde z. B. jetzt diesen Blechcylinder nehmen und ein wenig Wasser hineingießen. Ihr seht, wie viel ich Wasser hineingieße, und daraus könnt Ihr leicht abschätzen, daß es in dem Cylinder ungefähr zwei Zoll hoch stehen wird. Nun werde ich das Wasser in Dampf verwandeln, um Euch zu zeigen, wie verschieden der Raum ist, den das Wasser einnimmt, je nachdem es sich in flüssigem oder dampfförmigem Zustand befindet.

Nehmen wir inzwischen die Verwandlung des Wassers in Eis vor, die wir durch Kühlung mit einer Mischung aus Salz und gestoßenem Eis bewerkstelligen können. Ich will das thun, um Euch die Ausdehnung des Wassers bei dieser Verwandlung zu zeigen. Diese Flaschen [indem er eine emporhält] sind von Gußeisen gemacht, sie sind sehr stark und dick, ich glaube 1/3 Zoll dick; sie wurden sorgfältig mit Wasser gefüllt, so daß alle Luft ausgeschlossen ist, und dann fest zugeschraubt.

Wir werden sehen, wenn wir das Wasser in diesen eisernen Gefäßen gefrieren lassen, daß sie nicht mehr im Stande sind, das Eis eingeschlossen zu halten; die Ausdehnung wird sie in Stücke wie diese [indem er einige Bruchstücke vorzeigt] zersprengen, die von Flaschen ganz derselben Art herrühren. Ich werde diese beiden Flaschen in die Mischung von Salz und Eis setzen, um Euch zu zeigen, wie das Wasser, indem es zu Eis wird, sein Volumen in so auffälliger Weise vergrößert.

In der Zwischenzeit beobachtet hier die Veränderung, welche mit dem Wasser eingetreten ist, das wir heiß gemacht haben; es verlor seine flüssige Form. Dies bringt verschiedene weitere Veränderungen mit sich. Ich habe den Hals dieser Glasflasche, in der Wasser kocht, mit einem Uhrglas bedeckt. Seht Ihr, was geschieht? Es rasselt wie ein klapperndes Ventil, weil der von dem kochenden Wasser aufsteigende Dampf das Glas auf und nieder stößt und sich selbst hinauszwängt. Ihr könnt leicht einsehen, daß die Flasche ganz voll Dampf ist, der sich sonst einen Ausgang nicht zu erzwingen brauchte. Ihr seht auch, daß die Flasche eine Substanz enthält, die einen viel größeren Raum erfüllt als vorher das Wasser; denn sie füllt die ganze Flasche immer und immer wieder, hebt den Deckel und entweicht in die Luft; und bei alledem ist gar keine große Verminderung der Wassermasse zu bemerken, woraus Ihr seht, daß die Volumenvergröße-

rung bei der Verwandlung des Wassers in Dampf eine sehr bedeutende ist.

Nun wieder zurück zu unsern eisernen Flaschen in der Kältemischung, um zu sehen, was da geschieht. Ihr bemerkt, daß zwischen dem Wasser in den Flaschen und dem Eis in dem äußeren Gefäß keine Verbindung stattfindet. Aber dennoch wird von dem einen zum andern Wärme übergehen, und wenn wir Glück haben — wir machen unser Experiment freilich in zu großer Hast — so erwarte ich, daß wir mit der Zeit, sobald die Flaschen und ihr Inhalt kalt geworden sind, einen Knall hören werden, der vom Zerbersten der einen oder der anderen herrührt. Wenn wir dann die Flaschen untersuchen, werden wir als ihren Inhalt Eismassen finden, die theilweise von der Eisenumkleidung bedeckt sind, welche zu eng für sie geworden war, weil die Eismasse größer wurde als die Wassermasse vorher. Ihr wißt, daß eine Eisscholle auf dem Wasser schwimmt. Wenn Jemand durch ein Loch ins Wasser fällt, so sucht er wieder aufs Eis zu kommen, welches ihn oben halten soll. Warum schwimmt das Eis? — Denkt darüber nach und erklärt es mir! Nun, weil die Eisscholle größer ist als die Masse Wasser, aus der sie entstand; und deshalb muß das Eis weniger wiegen, als eine gleichgroße Wassermenge.

Kehren wir zur Wirkung der Hitze auf das Wasser zurück. Seht, was für ein Dampfstrom aus dem Blechgefäß entweicht. Ihr bemerkt, daß es völlig mit

Dampf angefüllt sein muß, der ja sonst nicht in dieser großen Menge herausströmen würde. Und nun, wie wir das Wasser durch Hitze in Dampf verwandeln können, so verwandeln wir es zurück in flüssiges Wasser durch Anwendung von Kälte. Wenn wir ein Glas oder irgend einen kalten Gegenstand über den Dampf halten — seht nur,. wie bald es durch den Wasserdampf undurchsichtig wird; es condensirt das Wasser, das nun an den Seiten herabläuft, und diese Condensirung wird fortdauern, bis das Glas erwärmt ist; gerade so, wie der Dampf, den wir früher als Verbrennungsproduct einer Kerze erhielten, am Boden einer Schale als flüssiges Wasser verdichtet wurde. — Ich werde nun noch einen anderen Versuch anstellen, um die Zurückführung des Wassers aus dem dampfförmigen Zustand in den flüssigen und zugleich die große Raumveränderung, welche damit verbunden ist, zu zeigen. An dem Blechcylinder, in welchem wir Wasser zum Kochen erhitzten, und welcher jetzt ganz mit Dampf gefüllt ist, befindet sich ein Hahn. Ich schließe diesen und wir werden sehen, was geschieht, wenn wir diesen Wasserdampf in die flüssige Form zurückzukehren zwingen, indem wir die Außenseite des Cylinders mit kaltem Wasser begießen. [Der Vortragende gießt kaltes Wasser über das Gefäß, welches augenblicklich nach innen zusammenknickt.] Ihr seht, was sich ereignet hat. Wenn ich den Hahn geschlossen und dann das Gefäß erhitzt hätte, so würde es zersprungen sein. Wenn aber der Dampf

wieder zu Wasser wird, so fällt das Gefäß zusammen, da durch die Condensirung des Dampfes inwendig ein leerer Raum entsteht. Ich zeige Euch diese Experimente, um den Satz zu bekräftigen, daß bei all diesen Vor-



Fig. 12.

gängen nichts geschieht, wodurch das Wasser in irgend etwas Anderes verwandelt würde — es ist und bleibt Wasser; und so muß das Gefäß nachgeben und knickt zusammen, wie es im entgegengesetzten Fall, infolge weiterer Erhitzung, nach außen zersprengt worden wäre.

Und wie groß stellt Ihr Euch den Umfang vor, den das Wasser in dampfförmiger Gestalt annimmt? Ihr seht diesen Würfel [indem er auf einen Kubikfuß deutet], daneben steht ein Kubikzoll, genau von derselben Form wie der Kubikfuß. Nun, diese Wassermenge (der Kubikzoll) ist im Stande, sich zu dieser Dampfmenge (dem Kubikfuß auszudehnen, oder umgekehrt, diese große Quantität Dampf zieht sich durch Erkaltung zu dieser kleinen Menge Wasser zusammen. [In diesem Augenblick zerplatzt eine der eisernen Flaschen.] Ah! Eine unserer Flaschen ist geborsten, und hier seht Ihr einen Sprung längs der einen Seite von $^1/_8$ Zoll Breite. [Jetzt explodirt auch die andere und schleudert die Kältemischung nach allen Richtungen umher.] Auch die andere Flasche ist zersprengt, obgleich sie beinah $^1/_2$ Zoll stark war. Derartige Veränderungen gehen stets im Wasser vor sich, und sie brauchen nicht etwa immer durch künstliche Mittel hervorgerufen zu werden — wir gebrauchten sie hier nur, um einen kleinen Winter um diese Flaschen herum herzustellen, statt eines langen und strengen. Wenn Ihr nach Kanada oder auch nach dem Norden von Europa geht, so werdet Ihr finden,

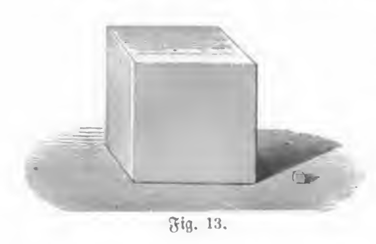


Fig. 13.

daß dort die Temperatur vor der Hausthür ganz dasselbe thut, was hier die Kältemischung bewirkte.

Doch zurück nun zu unserem Gegenstand! Wir wollen uns also in der Folge durch irgend welche Veränderung im Wasser nicht täuschen lassen. Ich wiederhole: Wasser ist überall dasselbe, ob es nun aus dem Ozean oder aus der Kerzenflamme herstammt. Wo ist denn das Wasser, welches wir von unserer Kerze erhielten? Indeß — ich muß hier ein wenig vorweggreifen. Es ist ganz augenscheinlich, daß das Wasser von der Kerze kommt. Aber war es denn in der Kerze schon vorhanden? Nein. Es ist nicht in der Kerze und nicht in der umgebenden Luft, welche die Kerze zur Verbrennung gebraucht; es ist weder in der einen, noch in der andern, sondern es entsteht aus ihrer wechselseitigen Einwirkung; der eine Theil stammt aus der Kerze, der andere aus der Luft. Dies nun ist die Spur, die wir genau zu verfolgen haben, um zum vollen Verständniß des chemischen Vorganges zu gelangen, welcher stattfindet, wenn die Kerze vor uns auf dem Tische brennt. Wie sollen wir dazu gelangen? Ich weiß Wege genug; aber ich möchte, daß Ihr es durch eigene Ueberlegung, durch Nachdenken über das bereits Gesagte auffändet. Ich traue Euch in dieser Beziehung schon einen ziemlich hellen Blick zu.

Bei einem früheren Versuche, den uns Humphry Davy gelehrt, sahen wir, wie ein Körper, nämlich das Kalium, auf Wasser einwirkte. Um es Euch ins

Gedächtniß zurückzurufen, will ich jetzt das Experiment auf diesem Teller wiederholen. Wir haben es mit einem Ding zu thun, das sehr vorsichtig behandelt sein will; denn Ihr seht: wenn ich die Masse nur mit einem kleinen Tröpfchen Wasser bespritze, so geräth sie sofort theilweise in Brand; und wenn die Luft frei hinzutreten könnte, so würde das Ganze schnell in Feuer aufgehen. Es ist dies ein schönes und glänzendes Metall, welches in der Luft und, wie Ihr wißt, im Wasser sich äußerst rasch verändert. Ich werde nun ein Stückchen auf Wasser legen, und Ihr seht es wundervoll brennen, indem es eine schwimmende Lampe bildet, wobei es Wasser anstatt Luft verbraucht. Nehmen wir ferner ein wenig Eisenfeil- oder Drehspäne und legen sie in Wasser, so finden wir, daß sie ebenfalls eine Veränderung erleiden. Sie verändern sich zwar nicht so rasch wie das Kalium, aber im Ganzen in derselben Weise. Sie werden rostig und zeigen eine Einwirkung auf das Wasser, und wenn auch der Grad derselben ein geringerer ist, als beim Kalium, so ist doch die Art ihrer Einwirkung auf das Wasser im Großen und Ganzen dieselbe. Ich muß Euch bitten, diese verschiedenen Punkte genau zu merken. Hier habe ich ein anderes Metall, Zink, und als wir uns mit der festen Masse beschäftigten, die bei seiner Verbrennung entsteht, hatten wir Gelegenheit, zu sehen, daß es brennbar ist; ich glaube nun, wenn ich einen kleinen Streifen von diesem Zink nehme und über die

Kerzenflamme halte, so werdet Ihr ein Mittelding vom Verbrennen des Kalium und von der Reaction des Eisens auf Wasser beobachten — seht, es findet eine Art von Verbrennung statt. Es ist verbrannt, und das Product ist eine weiße Asche. Auch dieses Metall übt eine gewisse Wirkung auf das Wasser aus.

Nach und nach haben wir gelernt, die Wirkungen dieser verschiedenen Körper zu beherrschen und sie zu zwingen, uns zu sagen, was wir wissen wollen. Zunächst noch etwas vom Eisen. Es ist eine gewöhnliche Erfahrung bei allen chemischen Prozessen, daß sie durch Anwendung der Wärme gefördert werden, und wenn wir die Wirkung der Körper auf einander genau und sorgsam studiren wollen, so müssen wir stets den Einfluß der Wärme mit berücksichtigen. Ihr werdet wohl noch wissen, daß Eisenfeilspäne sehr schön in der Luft brennen; aber ich will Euch noch ein anderes Experiment zeigen, welches Euch das Verständniß dessen erleichtern wird, was ich von der Einwirkung des Eisens auf Wasser sagen will. Wenn ich eine Flamme nehme und sie hohl mache — Ihr wißt, warum: ich will ihr Luft sowohl von innen als von außen zuführen — und streue dann Eisenfeilspäne in die Flamme, so seht Ihr sie recht hübsch brennen. Diese Verbrennung wird natürlich durch den chemischen Prozeß bewirkt, der bei der Entzündung dieser Theilchen vor sich geht. Und so wollen wir nun weiter fortschreiten und untersuchen, was das Eisen thut, wenn

es mit Wasser in Berührung kommt. Es wird uns seine Geschichte so schön, so stufenweise und regelmäßig erzählen, daß ich glaube, es wird Euch sehr gefallen.

Ich habe hier einen Schmelzofen, durch den eine eiserne Röhre, ein Flintenlauf, geht; diesen Lauf habe ich mit blanken Eisendrehspänen vollgestopft und ins Feuer gelegt, um ihn rothglühend zu machen. Wir

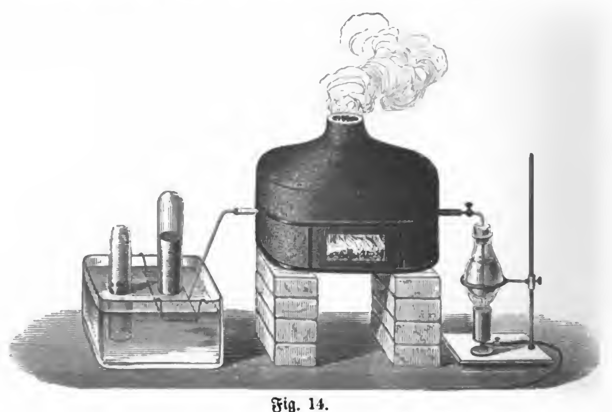


Fig. 14.

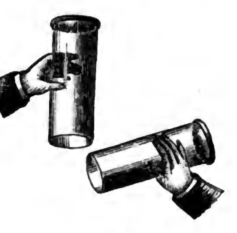
können entweder Luft durch den Lauf streichen lassen, um sie mit den Drehspänen in Berührung zu bringen, oder wir können aus diesem kleinen Kochgefäß am Ende des Laufs Wasserdampf hindurchschicken. Hier ist ein Hahn, der den Dampf so lange vom Laufe abschließt, bis wir ihn hindurchlassen wollen. In diesen Glasgefäßen links ist etwas Wasser, welches ich blau

gefärbt habe, damit Ihr besser seht, was darin vor sich geht. Nun wißt Ihr doch recht gut, daß der Dampf, wenn ich ihn durch diesen Lauf und alsdann durch das kalte Wasser leite, sich eigentlich wieder verdichten müßte; denn Ihr habt gesehen, daß der Wasserdampf seine Gasform nicht behalten kann, sobald er abgekühlt wird. Ihr saht, wie er hier [auf den eingedrückten Blechcylinder*) zeigend] sich auf einen so kleinen Raum zusammenzog, daß das Gefäß von der äußern Luft eingedrückt wurde. Also — lasse ich Dampf durch den Lauf hindurchgehen, so wird er condensirt werden — vorausgesetzt, daß der Lauf kalt geblieben wäre. Aber um das Experiment machen zu können, das ich Euch jetzt zeigen will, ist er eben erhitzt worden. Ich lasse nun den Dampf in kleinen Mengen durch den Lauf hindurch, und Ihr sollt selbst sagen, ob es noch Dampf ist. Der Dampf läßt sich zu Wasser verdichten; setzt man seine Temperatur herab, so verwandelt er sich zurück in flüssiges Wasser; nun habe ich doch die Temperatur des Gases, welches ich in diesem Gefäß aufgefangen, dadurch verringert, daß ich es nach seinem Austritt aus dem Flintenlauf durch Wasser gehen ließ, und trotzdem will es nicht wieder zu Wasser werden. Ich will noch einen andern Versuch damit anstellen. [Ich halte das Gefäß umgekehrt, damit mir die Substanz nicht entwischt.] Wenn ich

*) Siehe Fig. 12, Seite 91.

ein Licht an die Oeffnung des Gefäßes bringe, so fängt dessen Inhalt mit gelindem Geräusch Feuer. Dies sagt Euch, daß es kein Wasserdampf ist; Dampf löscht ein Licht aus, brennt aber nicht, während Ihr doch das, was ich in dem Gefäß habe, brennen seht. Wir können diese Substanz ebenso aus dem Wasser erhalten, welches aus der Kerze oder auf andere Art gewonnen wurde. Wenn sie durch Einwirkung der Eisenspäne auf den Wasserdampf entsteht, so bleibt das Eisen in einem ähnlichen Zustande zurück, wie die Feilspäne, wenn sie verbrannt werden. Das Eisen hat dabei an Gewicht zugenommen. So lange das Eisen in der Röhre allein bleibt, und ohne Zutritt von Luft oder Wasser erhitzt und wieder abgekühlt wird, verändert es sein Gewicht nicht; ist aber ein solcher Dampfstrom darüber hinweggegangen, so wird es schwerer, weil es einen Bestandtheil des Dampfes in sich aufgenommen hat, während der andere Bestandtheil weiterging und hier von uns aufgefangen wurde. Und nun, da wir noch ein anderes Gefäß voll haben, will ich Euch daran eine sehr interessante Erscheinung zeigen. Es ist ein brennbares Gas, und ich könnte den Inhalt des Gefäßes auf einmal anzünden, um Euch das zu beweisen; aber ich will Euch mehr zeigen, wenn es geht. Es ist auch eine sehr leichte Substanz. Es steigt in der Luft empor und läßt sich nicht wie Wasserdampf verdichten. Ich nehme ein anderes Glasgefäß, welches nichts als Luft enthält; wenn ich es mit einem Wachs-

stock untersuche, finde ich, daß nichts als Luft darin ist. Ich nehme nun dieses Gefäß mit unserm neuen Gase und verfahre mit demselben, als ob es ein leichter Körper wäre. Ich halte zunächst beide Gefäße neben einander, die Mündungen nach unten. Nun kehre ich das mit dem neuen Gas gefüllte um, sodaß seine Mündung aufwärts und gerade unter die Mündung des mit Luft gefüllten kommt. Das, welches vorhin das Gas enthielt, was enthält es jetzt? Ihr findet, daß es nur Luft enthält. Aber seht! Hier in dem andern Gefäß ist das brennbare Gas, das ich also aus einem Gefäß in das andere, und zwar aufwärts ausgegossen habe. Es besitzt noch gänzlich seine vorigen Eigenschaften und verharrt in seiner Selbständigkeit; und es ist für unsere weiteren Untersuchungen über die Verbrennungsproducte der Kerze von großem Werth.


Fig. 15.

Wir können aber die Substanz, welche wir eben durch die Einwirkung des Eisens auf Dampf oder Wasser bereitet haben, auch mit Hülfe jener anderen Körper darstellen, die Ihr bereits so schön auf Wasser habt wirken sehen. Wenn ich ein Stück Kalium nehme und die nöthigen Vorkehrungen treffe, so gewinne ich dasselbe Gas; und wenn ich dafür ein Stück Zink anwende, so finde ich bei genauer Untersuchung, daß es

zunächst in gleicher Weise einwirkt. Aber das nächste Product dieser Einwirkung hüllt das Zink gleichsam wie ein Mantel ein, sodaß das metallische Zink nicht mehr direct mit Wasser in Berührung steht. Wir können deshalb, wenn wir nur Zink und Wasser in unser Gefäß thun, keine großen Resultate erhalten; und in der That zeigen diese beiden Körper für sich allein nur wenig Reaction. Nehme ich aber jenen

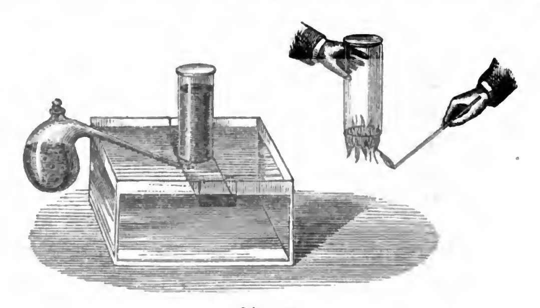


Fig. 16.

Ueberzug hinweg, löse ich die einhüllende Substanz ab, was ich durch ein wenig Säure leicht bewerkstelligen kann, so finde ich sogleich, daß das Zink gerade so auf das Wasser wirkt wie Eisen, aber bei gewöhnlicher Temperatur. Die Säure ermöglicht dieses, indem sie mit dem Zinkoxyd, das sich gebildet hat, in Verbindung tritt. Ich habe jetzt die Säure in das Glas gegossen, und es ist gerade, als hätte ich den Inhalt erhitzt, um dies scheinbare Aufkochen zu bewirken. Es

steigt nun etwas vom Zink auf, sehr reichlich; das ist aber kein Dampf. Hier habe ich ein Gefäß voll davon, und Ihr werdet finden, daß ich genau dieselbe brennbare Substanz habe, die auch in dem Gefäß bleibt, wenn ich es umkehre, wie die, welche ich bei dem Experiment mit dem Flintenlauf gewann. Dieses aus dem Wasser dargestellte Gas ist wiederum dasselbe, wie es in der Kerze enthalten ist.

Versuchen wir nun, den Zusammenhang zwischen diesen beiden Erscheinungen genau zu bestimmen. Hier ist Wasserstoff — ein Körper, den man in der Chemie unter die sogenannten Elemente zählt, das sind Körper, die man nicht weiter in verschiedenartige Stoffe zerlegen kann. Eine Kerze ist kein Element, denn wir können aus ihr Kohle darstellen; wir können ferner aus ihr, oder doch aus dem Wasser, das sie liefert, Wasserstoff darstellen. Der Wasserstoff wird nach dem Griechischen auch Hydrogen genannt, weil er das Element ist, das in Verbindung mit einem anderen Wasser erzeugt (ὕδωρ, Wasser — γεννάω, ich erzeuge). Nachdem nun Herr Anderson zwei oder drei Gefäße mit dem Gase gefüllt hat, werde ich Euch jetzt ein paar Experimente damit zeigen. Ich habe kein Bedenken, sie Euch zu zeigen; denn ich wünsche sogar, daß Ihr sie nachmacht, wenn Ihr es nur mit Vorsicht und Aufmerksamkeit und unter Zustimmung Eurer Umgebung thut. Je weiter wir in der Chemie vorrücken, desto häufiger sind wir genöthigt, mit Substanzen umzugehen, die an

unrechter Stelle leicht Unheil anrichten können; die Säuren, die leicht entzündlichen Stoffe, die wir gebrauchen, auch das Feuer, können verletzen, wenn sie sorglos gehandhabt werden. Wenn Ihr Wasserstoff darstellen wollt, so könnt Ihr das ganz leicht mittelst Zinkstückchen, Schwefel- oder Salzsäure und Wasser. Hier habe ich, wie man sie früher nannte, eine „Philosophen-Lampe". Es ist ein kleines Fläschchen mit einem Kork und einer Glasröhre durch denselben. Ich thue jetzt ein paar kleine Stückchen Zink hinein. Dieser kleine Apparat ist sehr nützlich für unsere Demonstration; ich werde Euch zeigen, wie Ihr damit Hydrogen machen und einige Experimente zu Hause anstellen könnt. Ich will Euch sagen, warum ich die Flasche so sorgfältig fast voll, aber doch nicht ganz voll mache. Ich thue es, weil das herausströmende Gas, von dem Ihr wißt, daß es sehr leicht brennt, explodiren und dadurch Unheil anrichten würde, wenn es beim Anzünden noch mit Luft vermischt wäre, wenn ich es also an der Oeffnung der Röhre entzündete, bevor alle Luft aus dem Raume über dem Wasser verdrängt ist. Ich thue nun Schwefelsäure hinein. Ich wähle das Mengenverhältniß von Zink, Schwefel-

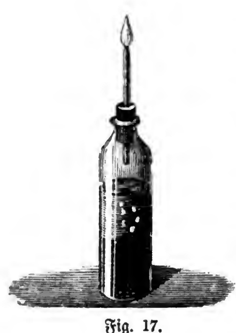


Fig. 17.

säure und Wasser so, daß ich einen regelmäßigen Strom erhalte — nicht zu schnell und nicht zu langsam. Wenn ich jetzt ein Glas nehme und es verkehrt über das Ende der Röhre halte, so wird es sich mit Wasserstoffgas füllen, und ich denke, dasselbe wird sich, weil es leichter ist als Luft, einige Zeit darin halten. Wir wollen jetzt den Inhalt unseres Glases prüfen, um zu sehen, ob unsere Vermuthung richtig ist — nun, ich denke, wir können sagen, wir haben es [indem er es anzündet] — da ist's, seht! Ich werde es nun am obern Ende der Röhre anzünden. Seht, der Wasserstoff brennt. Da haben wir unsere Philosophenkerze. Es ist nur ein ärmliches, schwächliches Flämmchen, mögt Ihr sagen; es ist aber so heiß, daß kaum eine andere gewöhnliche Flamme eine so große Hitze liefert. Es brennt regelmäßig weiter, und ich will diese Flamme nun unter einer besonderen Vorrichtung brennen lassen, damit wir ihre Verbrennungsproducte prüfen und den möglichsten Nutzen aus dem Versuche ziehen können. Da doch die Kerze Wasser entwickelt und dieses Gas aus dem Wasser kommt, so wollen wir nun sehen, was uns dieses durch denselben Verbrennungsprozeß liefert, dem die Kerze unterlag, als sie an der atmosphärischen Luft brannte, und ich setze die Lampe deshalb unter diesen Apparat, um das zu condensiren, was aus der Wasserstoffflamme in denselben aufsteigt.

Nach kurzer Zeit werdet Ihr die Feuchtigkeit im Cylinder erscheinen und Wasser an den Wänden herab=

laufen sehen, und dieses Wasser aus unserer Wasserstoffflamme wird ganz eben dieselben Wirkungen auf unsere Prüfungsmittel ausüben, wie wir sie früher bei demselben Verfahren beobachtet haben.

Der Wasserstoff ist so leicht, daß er andere Körper emporhebt; er ist bedeutend leichter als die atmosphärische Luft, und ich werde Euch das an einem Experiment zeigen, welches wohl Einige von Euch bei

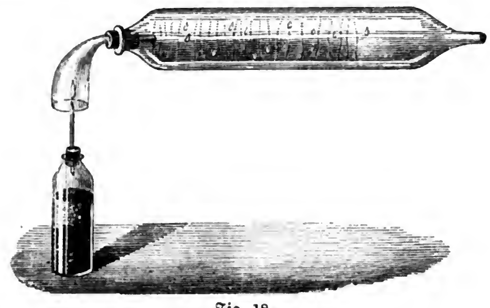


Fig. 18.

einiger Sorgfalt nachmachen können. Hier ist unser Wasserstoff-Erzeuger, und hier ist etwas Seifenwasser. Ich habe einen Kautschukschlauch mit dem Wasserstoffapparat verbunden und am Ende der Röhre eine Thonpfeife angebracht. Ich kann die Pfeife in das Wasser stecken und mit Hilfe des Wasserstoffs Seifenblasen machen. Ihr seht, daß die Blasen herabfallen, wenn ich sie mit meinem warmen Athem aufblase; nun aber bemerkt den Unterschied, wenn ich sie mit Wasserstoff

aufblase! [Der Vortragende macht einige Wasserstoff=blasen, die an die Decke des Zimmers emporsteigen.] Da seht Ihr, wie leicht das Gas sein muß, da es nicht allein die Seifenblase selbst, sondern auch noch einen großen Tropfen, der unten daran hängt, mit in die Luft nimmt. Ich kann seine Leichtigkeit auf noch bessere Weise zeigen; auch größere Blasen als diese können so emporgehoben werden, und man gebrauchte es in der That früher zum Füllen der Luftballons. Herr Anderson wird diese Röhre an unsern Apparat befestigen, und wir werden hier einen Wasserstoffstrom erhalten, mit dem wir diesen Ballon aus Collodium füllen wollen. Ich brauche mir auch gar keine große Mühe zu geben, alle Luft aus dem Ballon zu ver=drängen, denn die Hebekraft des Gases ist sehr be=deutend. [Zwei Collodium=Ballons werden gefüllt und losgelassen, von denen der eine an einer Schnur ge=halten wird.] Hier ist ein anderer, größerer Ballon, aus ganz dünnem Häutchen verfertigt, den wir füllen und aufsteigen lassen wollen. Ihr werdet sehen, daß sie so lange herumfliegen, bis alles Gas daraus ent=wichen ist.

Die außerordentliche Leichtigkeit des Wasserstoffs wird Euch noch deutlicher werden, wenn wir sein Gewicht mit dem eines anderen bekannten Stoffes, z. B. des Wassers, vergleichen. 1 Liter Wasser wiegt, wie Ihr wißt, 1 Kilogramm oder 1000 Gramm; 1 Liter Wasser=stoffgas wiegt — unter gewöhnlichen Umständen —

noch nicht $^1/_{10}$ Gramm! Und während 1 Kilogramm Wasser den Raum von 1 Liter einnimmt, würde 1 Kilogramm Wasserstoff, wie wir ihn hier auffangen, mehr als 11000 Liter erfüllen!

Der Wasserstoff erzeugt keine Verbindung, die während der Verbrennung oder später als Verbrennungsproduct fest wird; wenn er verbrennt, so liefert er nur Wasser; wenn wir ein kaltes Glas nehmen und es über die Flamme halten, so wird es undurchsichtig, und wir erhalten augenblicklich Wasser in merklicher Menge; und nichts anderes wird bei seiner Verbrennung erzeugt, als eben dasselbe Wasser, welches Ihr bei der Verbrennung der Kerze entstehen saht. Es ist wichtig festzuhalten, daß Wasserstoff der einzige Körper in der Natur ist, welcher Wasser als das einzige Product seiner Verbrennung erzeugt.

Wir sind jetzt genöthigt, noch einige nachträgliche Versuche über die allgemeinen Eigenschaften und die Zusammensetzung des Wassers anzustellen, weswegen ich Euch noch eine kurze Zeit in Anspruch nehmen muß; wir sind dann bei unserer nächsten Zusammenkunft besser auf den Gegenstand vorbereitet. Wir haben es in der Gewalt, das Zink, welches Ihr mit Hülfe von Säure auf das Wasser wirken sahet, so in Thätigkeit zu setzen, daß sich alle Kraft an den Ort wendet, wohin wir es wünschen. Ich habe hinter mir eine Volta'sche Säule und will Euch zum Schluß des heutigen Vortrags ihre eigenthümlichen Kräfte zeigen. Ich

halte hier die Drahtenden, welche die Kraft fortleiten, und will sie auf Wasser wirken lassen.

Wir haben früher gesehen, was das Kalium für eine Verbrennungskraft besitzt, ebenso das Zink und die Eisenfeilspäne; aber bei keinem zeigt sich so energische Kraft wie hier. [Der Vortragende läßt die beiden Enden der Leitung sich berühren, und es zeigt sich ein glänzendes Licht.] Dieses Licht ist durch die Kraft von 40 Zinkplatten hervorgebracht; es ist eine Kraft, die ich durch diese Drähte ganz nach meinem Belieben leiten kann, obwohl sie mich, wenn ich sie auf meinen Körper wirken ließe, im Augenblick vernichten würde; und so groß ist die Kraft, die Ihr hervorgebracht seht, während Ihr 5 zählt [indem er die Pole in Berührung bringt und das electrische Licht erzeugt], daß sie der Gewalt manches Gewitters gleich zu schätzen ist. Damit Ihr eine Anschauung von dieser ihrer Energie bekommt, will ich die Drahtenden nehmen, welche die Kraft von der Batterie hierherleiten, und seht: diese Eisenfeilspäne kann ich damit verbrennen! Nun, diese gewaltige chemische Kraft werde ich bei unserer nächsten Zusammenkunft auf Wasser wirken lassen, und Ihr werdet sehen, was der Erfolg sein wird.

Vierte Vorlesung.

Chemische Wirkungen des electrischen Stroms. Zerlegung des Wassers durch denselben. Wiederbildung von Wasser durch Entzündung des Knallgases. - Sauerstoff, der zweite Bestandtheil des Wassers. Quantitative Zusammensetzung des Wassers. Darstellung und Eigenschaften des Sauerstoffs. Seine Rolle bei den Verbrennungserscheinungen.

Wir haben an unserer brennenden Kerze gefunden, daß sie Wasser erzeugt, welches genau dem Wasser gleich ist, das wir in der Natur um uns her antreffen; und bei weiterer Untersuchung dieses Wassers fanden wir darin jenen merkwürdigen Körper — den Wasserstoff, jene leichte Substanz, von der wir dort in dem Gefäße noch etwas vorräthig haben. Wir sahen darauf die Glühhitze, mit der das Wasserstoffgas brennt, und daß dabei Wasser entsteht. Und zuletzt habe ich Eure Aufmerksamkeit auf einen Apparat gelenkt, von dem ich kurz sagte, er sei eine Anordnung von gewaltiger chemischer Kraft, und zwar so eingerichtet, daß er seine Kraft durch diese Drähte uns zuführt; auch sagte ich noch, ich würde seine Kraft auf das Wasser einwirken lassen. Das nun will ich jetzt thun, um das Wasser in seine Bestandtheile zu zerlegen, damit

wir sehen, was außer dem Wasserstoff noch im Wasser enthalten ist; denn wir bekamen damals, als wir den Wasserdampf durch den glühenden Flintenlauf streichen ließen, durchaus nicht das Gewicht des Wassers zurück, welches wir in Dampfform angewandt hatten, obgleich wir eine große Menge Gas gewannen. Wir müssen nun also sehen, was für eine andere Substanz noch darin enthalten ist.

Damit Ihr die Eigenthümlichkeiten der Volta'schen Säule kennen und die Vortheile, die sie uns bietet, schätzen lernt, wollen wir jetzt etliche Experimente anstellen. Wir wollen zuerst einige Substanzen ihrer Einwirkung aussetzen, die wir kennen, und dann sehen, was unser Apparat mit ihnen vornimmt. Hier ist etwas Kupfer (beobachtet die verschiedenen Veränderungen, die es erleiden kann!) und hier ist Salpetersäure, Ihr werdet nun finden, daß die letztere, da sie ein starkes chemisches Agens ist, bedeutend auf das Kupfer einwirkt, wenn ich sie damit zusammenbringe. Ihr seht jetzt einen schönen rothen Dampf aufsteigen; aber da wir diesen Dampf nicht gebrauchen und ihn auch nicht einathmen wollen, so wird Herr Anderson das Gefäß einige Zeit unter den Rauchfang halten, damit wir Nutzen und Schönheit des Experiments zugleich haben ohne die Belästigung. Das Kupfer, welches ich in die Flasche gelegt habe, löst sich auf, es verwandelt die Säure und das Wasser in eine blaue Flüssigkeit, die Kupfer und andere Dinge enthält, und ich will Euch dann zeigen, wie die Volta'sche Batterie

damit verfährt. Inzwischen aber wollen wir einen anderen Versuch anstellen, der Euch die Kraft derselben zeigen soll. Hier ist eine Substanz, die uns wie Wasser erscheint, d. h. sie enthält Bestandtheile, die wir jetzt noch nicht kennen, ebenso wie das Wasser einen Bestandtheil enthält, den wir noch nicht kennen. Diese Auflösung eines Salzes will ich nun auf Papier bringen, darauf ausbreiten und dann die Kraft der Batterie darauf wirken lassen. Paßt auf, was geschieht! Drei oder vier wichtige Dinge geschehen, von denen wir Nutzen ziehen wollen. Ich lege dieses nasse Papier auf ein Stück Zinnfolie, die sich zu diesem Zweck gut eignet. Ihr sehet, die Lösung ist durchaus nicht verändert worden, weder durch das Papier. worauf ich sie geschüttet, noch durch die Zinnfolie, noch durch irgend etwas Anderes, was ich damit in Berührung gebracht habe; es steht uns also frei, unsern Apparat darauf wirken zu lassen. Indeß wollen wir erst zusehen, ob dieser ganz in Ordnung ist. Hier sind die Drähte. Wir wollen doch einmal sehen, ob er sich noch in dem Zustande wie das letzte Mal befindet. Das können wir bald erfahren. Wenn ich die Drathenden jetzt zusammenbringe, so erhalten wir keine Kraftäußerung, da die Leiter (die wir Electroden nennen), die Durchgänge oder Wege für die Electrizität, unterbrochen sind; aber jetzt hat mir Herr Anderson hierdurch [indem er sich auf einen plötzlich aufleuchtenden Blitz bezieht] telegraphirt daß Alles bereit ist. Ehe wir unsern Versuch beginnen, soll Herr Anderson wieder den Contact an der Batterie

hinter mir unterbrechen, und wir wollen einen Platindraht zwischen die Pole spannen, und dann, wenn ich finde, daß ich diesen Draht in ziemlicher Länge glühend machen kann, sind wir des Erfolges bei unserm Experimente sicher. Sogleich werdet Ihr die Kraft in Thätigkeit sehen. [Die Verbindung wird hergestellt, und der zwischenliegende Draht wird rothglühend.] Die Kraft geht wundervoll durch den Draht hindurch, und nun, da wir ihrer Gegenwart sicher sind, wollen wir zu ihrer Anwendung bei Untersuchung des Wassers schreiten.

Hier habe ich zwei Stücke Platin, und wenn ich sie auf dieses Stück Papier lege (das eingefeuchtete Papier auf der Zinnfolie), so werdet Ihr durchaus keine Wirkung sehen; ich nehme sie in die Höhe, und Ihr seht, daß keine Veränderung eingetreten, sondern Alles noch ist wie zuvor. Jetzt indessen seht, was geschieht: wenn ich diese beiden Pole (d. i. die Enddrähte der Batterie) nehme und einen oder den andern jeden besonders auf die Platinplättchen lege, so richten sie gar nichts aus — beide sind vollständig ohne Wirkung; wenn ich sie aber beide in demselben Augenblicke in Contact damit setze — seht her, was sich ereignet! [Ein brauner Fleck erscheint unter jedem Pole der Batterie.] Ihr seht, daß sich von dem Weißen etwas abgetrennt hat — etwas Braunes.*)

*) Der im Texte beschriebene Versuch setzt voraus, daß das Papier mit einer Auflösung von Bleizucker (oder einem ähnlichen Metallsalze) getränkt ist. Der Vorgang ist nicht ganz einfach und entzieht sich einer näheren Besprechung an dieser

Ich zweifle nicht, daß, wenn ich den einen Pol an die Zinnfolie auf der andern Seite des Papiers anbringen würde, ich eine ebenso schöne Wirkung auf dem Papier bekomme, und ich möchte wohl versuchen, ob ich damit nicht schreiben kann, etwa ein Telegramm. [Der Vortragende schreibt mit dem einen Draht das Wort „Jüngling“ auf das Papier.] Seht, zu welch wunderschönen Resultaten wir gelangen!

Ihr seht, wir haben aus dieser Lösung etwas gezogen, was wir vorher nicht kannten. Jetzt wollen wir diese Flasche aus Herrn Andersons Hand nehmen und zusehen, was wir daraus abscheiden können. Sie enthält, wie Ihr wißt, eine Flüssigkeit welche wir soeben aus Kupfer und Salpetersäure selbst dargestellt haben, indeß wir unsere andern Versuche vornahmen. Obwohl ich das Experiment etwas zu hastig machen muß und dabei gern mancher kleine Fehler unterläuft, so will ich Euch doch lieber zusehen lassen, was ich mache, als Alles schon im Voraus zu bereiten.

Nun paßt auf, was geschieht! Diese zwei Platinplatten sind die beiden Enden des Apparats (oder vielmehr, ich werde sie gleich dazu machen), und ich will sie in Berührung mit jener Lösung bringen, gerade wie wir oben mit dem Papier gemacht haben. Es kümmert

---

Stelle. — Wendet man statt des genannten Bleizuckers eine wässrige Auflösung von Jodkalium an, der ein wenig dünnen Stärkekleisters beigefügt ist, so erscheint statt des braunen ein schön blauer Fleck.

uns nicht, ob die Lösung in dem Papier oder in dem Gefäß ist, wenn wir nur die Enden des Apparats mit derselben in Berührung bringen. Wenn ich diese beiden Platinbleche allein hineintauche, so kommen sie so rein wieder heraus, wie sie hinein kamen [indem er sie in die Flüssigkeit taucht, ohne sie mit der Batterie zu verbinden]; wenn wir aber die Kraft unserer Batterie hinzunehmen, und sie nun hineinlegen [die Bleche werden mit der Batterie verbunden und wieder hineingetaucht], so seht Ihr [indem er eins der Bleche herausnimmt], daß dieses plötzlich in Kupfer verwandelt zu sein scheint, wie wir es ursprünglich hatten; es ist wie ein kleiner Kupferteller geworden; dieses Blech hingegen [indem er das andere Platinblech herausnimmt] kommt ganz rein heraus. Wenn ich das verkupferte Stück auf die andere Seite nehme, so geht das Kupfer von der rechten zur linken Seite; die früher verkupferte Fläche erscheint nun rein, und die Fläche, welche früher rein war, kommt jetzt mit Kupfer bekleidet heraus; und so seht Ihr, daß wir dasselbe Kupfer, welches wir in die Lösung brachten, auf diese Weise mit unserm Apparat wieder herausnehmen können.

Lassen wir nun aber das Kupfer bei Seite und sehen zu, welche Wirkung der Apparat auf das bloße Wasser ausübt. Hier sind zwei kleine Platinplatten, welche ich zu den Enden der Batterie machen werde, dies kleine Gefäß (C) ist so beschaffen, daß ich es in Theile zerlegen und Euch seine Construction zeigen kann. In

diese zwei Schälchen gieße ich Quecksilber, welches die Enden der Drähte A und B berührt, die mit den Platinplatten verbunden sind. In das Gefäß C gieße ich Wasser, das ein wenig Säure enthält (was nur geschieht, um die Wirkung zu erleichtern, sonst aber keinen Einfluß auf den Prozeß ausübt), und verbinde mit der Oeffnung des Gefäßes eine gebogene Röhre (D), welche

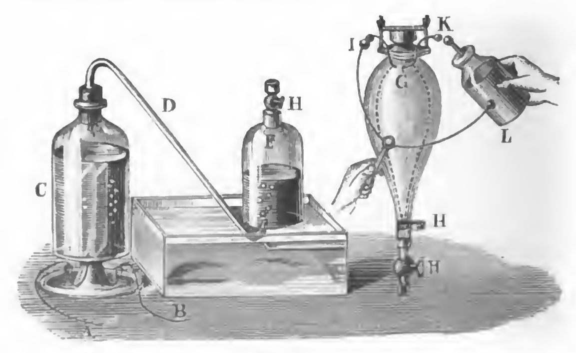


Fig. 19.

Euch an die Röhre erinnern mag, die mit dem Flintenlauf in unserem Ofen-Experiment verbunden war, und die jetzt unter dem Gefäß F mündet. Unser Apparat ist nun fertig, und wir wollen jetzt auf eine oder die andere Weise auf das Wasser einzuwirken suchen. In dem früheren Falle ließ ich das Wasser durch eine rothglühende Röhre gehen; jetzt dagegen lasse ich Electricität durch den Inhalt des Gefäßes gehen. Vielleicht bringe

ich das Wasser zum Kochen; wenn es kocht, erhalte ich Dampf; Ihr wißt, daß Wasserdampf sich verdichtet, wenn er kalt wird, und werdet daraus erkennen, ob ich das Wasser koche oder nicht. Vielleicht aber bringe ich es gar nicht zum Kochen, sondern rufe eine andere Wirkung hervor. Ich will Euch das Experiment vormachen, paßt auf! Den einen Draht will ich auf dieser Seite (A) und den andern auf jener (B) anbringen, und Ihr werdet sehen, ob irgend eine Veränderung eintritt. Hier scheint es aufzukochen; aber kocht es? Wir wollen nachsehen, ob es in Dampfform austritt oder nicht. Ich glaube, Ihr würdet das Gefäß (F) bald mit Dampf gefüllt sehen, wenn das, was vom Wasser aufsteigt, Dampf wäre. Aber kann das Dampf sein? O gewiß nicht! Ihr seht ja, es bleibt unverändert. Es bleibt da über dem Wasser stehen, kann also kein Dampf sein, sondern wir müssen da irgend ein permamentes Gas vor uns haben. Was aber ist es? Ist es Wasserstoff? Ist es etwas Anderes? Nun, wir wollen es prüfen. Wenn es Wasserstoff ist, wird es brennen. [Der Vortragende zündet einen Theil des gesammelten Gases an, welches mit einer Explosion verbrennt.] Es ist sicherlich etwas Brennbares, aber nicht in derselben Weise brennbar wie Wasserstoff, denn Wasserstoff würde kein solches Geräusch gemacht haben; aber die Farbe des Lichtes, das sich beim Brennen zeigte, glich der des Wasserstoffs. Dabei ist aber noch besonders merkwürdig: es brennt ohne Zufuhr von Luft. Um Euch die besonderen Eigenthümlichkeiten dieses Vorganges zu

8*

zeigen, habe ich noch einen andern Apparat aufgestellt. An Stelle eines offenen Gefäßes habe ich ein geschlossenes genommen (unsere Batterie arbeitet so wunderschön, daß wir damit sogar das Quecksilber zum Kochen bringen könnten und Alles vortrefflich vor sich geht — nichts verkehrt, sondern ganz richtig), und ich will Euch zeigen, daß dieses Gas, was es auch sein mag, die Fähigkeit besitzt, ohne Luft zu brennen und sich in dieser Beziehung von der Kerze unterscheidet, die ohne Luft nicht brennen kann. Wir machen dies folgendermaßen: Ich habe hier ein Glasgefäß (G), welches mit zwei Platindrähten (K und I) verbunden ist, durch die ich einen electrischen Funken überspringen lassen kann; wir können das Gefäß auf eine Luftpumpe setzen und die Luft auspumpen, und wenn dies geschehen, können wir es hierher bringen, auf dem Gefäß (F) befestigen und durch Oeffnen der Hähne H H H das Gas hineinlassen, welches durch die Einwirkung der Volta'schen Säule auf das Wasser entstand, und welches wir also durch eine Verwandlung des Wassers aus diesem erhielten — denn ich kann soweit gehen und in der That sagen, wir haben durch unser Experiment das Wasser in Gas verwandelt. Wir haben nicht nur seine Beschaffenheit verändert, sondern es auch wirklich und vollständig in diese gasförmige Substanz übergeführt. Wenn ich nun also das Gefäß (G) auf das Gefäß (F) aufschraube, indem ich die Röhren gut verbinde, und dann die Hähne öffne, so werdet Ihr an dem Steigen des Wassers in (F) sehen, daß das Gas nach oben geht. Jetzt ist das

Gefäß (G) ganz damit angefüllt; ich schließe nun die Hähne, nehme das Gefäß vorsichtig herunter und will jetzt einen electrischen Funken aus der Leydner Flasche (L) hindurchschlagen lassen, wodurch das Gefäß, welches jetzt ganz klar ist, trüb werden wird. Es wird dadurch nicht zertrümmert werden; denn es ist stark genug, um die Explosion auszuhalten. [Der Vortragende läßt einen Funken hindurchschlagen, durch den die explosionsfähige Mischung entzündet wird.] Saht Ihr das glänzende Licht? Wenn ich dieses Gefäß nun wieder an das untere Gefäß anschraube und die Hähne öffne, so werdet Ihr am Nachsteigen des Wassers erkennen, daß das Gas zum zweiten Male steigt. [Die Hähne werden geöffnet.] Das zuerst in dem Gefäß gesammelte und eben durch einen electrischen Funken entzündete Gas ist verschwunden, wie Ihr seht; sein Platz ist leer, und neues Gas geht hinein. Es hat sich Wasser gebildet, und wenn wir unsere letzte Operation wiederholen, werden wir abermals einen leeren Raum bekommen, wie Ihr am Steigen des Wassers sehen könnt. Nach der Explosion bekomme ich immer ein leeres Gefäß, weil der Dampf oder das Gas, in welches das Wasser durch die Batterie verwandelt wurde, beim Durchschlagen des Funkens explodirt und wieder zu Wasser wird; und nach und nach werdet Ihr in dem oberen Gefäße einige Tropfen an den Seiten herabrinnen und sich am Boden sammeln sehen.

Wir haben hier eine neue Bildung des Wassers

herbeigeführt, bei welcher die Atmosphäre gar nicht in Betracht kommt. Das Wasser aus der Kerze hatte sich unter Mitwirkung der Atmosphäre gebildet; auf diesem Wege aber entsteht es unabhängig von der Luft. Demnach müßte im Wasser jene andere Substanz enthalten sein, welche die Kerze aus der Luft entnimmt und durch deren Verbindung mit Wasserstoff Wasser entsteht.

Nun saht Ihr eben, daß das eine Ende der Batterie das Kupfer an sich zog, welches es in jenem Gefäß aus der blauen Flüssigkeit ausschied. Das wurde durch diesen Draht bewerkstelligt; und wenn die Batterie auf eine metallische Lösung eine solche Kraft ausübt, die wir beliebig in Wirksamkeit oder außer Wirksamkeit setzen können, sollten wir da nicht auch fragen dürfen, ob es vielleicht möglich ist, die Bestandtheile des Wassers von einander zu scheiden und sie beliebig zu versetzen? Versuchen wir's! Ich nehme die Pole — die metallischen Enden dieser Batterie — und nun paßt einmal auf, was mit dem Wasser in diesem Apparat geschehen wird, wo wir die Pole weit von einander getrennt haben. Ich bringe den einen hierher (nach A), den andern hierher (nach B), und hier habe ich kleine Brettchen mit Löchern, die ich auf jeden Pol setzen und so anbringen kann, daß das, was von den Enden der Batterie ausgeht, als getrenntes Gas erscheint; denn Ihr saht ja vorhin, daß das Wasser nicht in Dampf, sondern in Gas überging. Die Drähte sind jetzt in vollkommener Verbindung mit dem Gefäß,

welches das Wasser enthält, und Ihr seht Blasen emporsteigen; wir wollen sie sammeln und untersuchen. Hier ist ein Glascylinder (O); den fülle ich mit Wasser und stelle ihn über das eine Ende (A); ich nehme einen zweiten (H) und setze ihn über das andere Ende (B). Und so haben wir einen doppelten Apparat, in welchem an beiden Stellen Gas frei wird. Beide Gefäße werden sich mit Gas füllen. Seht, jetzt fangen sie schon an, das rechts (H) füllt sich sehr rasch, das links (O)

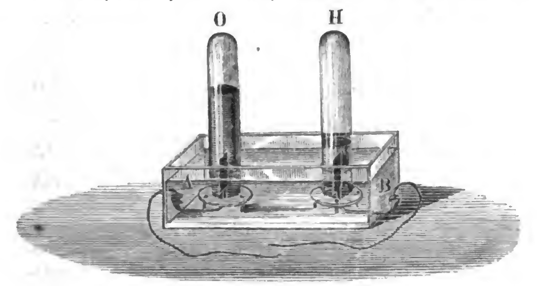


Fig. 20.

nicht so rasch; und obwohl ich einige Blasen habe entweichen lassen, geht der Prozeß doch ziemlich regelmäßig vor sich, und wenn nicht das eine Gefäß größer ist als das andere, so werdet Ihr sehen, daß ich in dem einen (H) dem Raume nach doppelt so viel bekomme wie in dem andern (O). Beide Gase sind farblos; sie stehen über dem Wasser, ohne sich zu verdichten, sie scheinen sich durchaus gleich zu sein — ich meine, wie man's so mit den Augen sieht. Aber wir haben

ja nun die schönste Gelegenheit, diese Körper zu untersuchen und ihre wirkliche Natur zu bestimmen. Ihre Masse ist groß genug, daß wir leicht Versuche mit ihnen anstellen können. Ich nehme dieses Gefäß (H) zuerst und fordere Euch auf, Euch bereit zu halten, den Wasserstoff wiederzuerkennen.

Erinnert Euch aller seiner Eigenschaften — das leichte Gas, welches sich gut in umgekehrten Gefäßen hielt, mit einer blassen Flamme an der Mündung der Flasche brannte — und nun seht zu, ob dieses Gas nicht all diese Bedingungen erfüllt. Ist es Wasserstoff, so bleibt er hier, so lange ich das Gefäß umdrehe. [Der Vortragende hält ein Licht daran, und der Wasserstoff entzündet sich.] Was ist nun in dem anderen Gefäße? Ihr wißt, daß beide zusammen eine explodirende Mischung ausmachten. Aber was kann das sein, was wir als anderen Bestandtheil im Wasser finden und welches demnach die Substanz sein muß, die den Wasserstoff zum Brennen brachte? Wir wissen, daß das Wasser, welches wir in das Gefäß brachten, aus zwei Dingen bestand. Wir finden, eines von diesen ist Wasserstoff: was muß nun das andere sein, das vor dem Versuche in dem Wasser war, und das wir nun hier für sich besonders aufgefangen haben? Ich stecke diesen brennenden Holzspan in das Gas. Seht, das Gas selber brennt nicht, macht aber den Span lebhafter brennen. Seht, wie es die Verbrennung beschleunigt! Das Holz brennt darin viel besser als an

der Luft. Nun seht Ihr daraus auch, daß der andere im Wasser enthaltene Stoff, wenn das Wasser beim Brennen einer Kerze gebildet wird, aus der Atmosphäre genommen sein muß. Wie wollen wir nun diesen Körper nennen, A, B oder C? Wir wollen ihn O — wollen ihn Oxygen, *Sauerstoff* nennen; es ist dies ein ganz bezeichnender Name für ihn. Sauerstoff ist also dies hier, was wir als zweiten Bestandtheil aus dem Wasser abgeschieden haben.

Wir gewinnen nun schon allmählich einen etwas tieferen Einblick in unsern Gegenstand, und wir werden bald begreifen, *warum* eine Kerze an der Luft brennt. Bei der Analyse des Wassers, d. h. bei der Zersetzung desselben in seine Bestandtheile, erhalten wir zwei Raumtheile Wasserstoff und ein Raumtheil Sauerstoff. Dieses Verhältniß ist in der folgenden Zeichnung dargestellt und zugleich das Gewicht eines jeden Körpers beigefügt, woraus wir denn ersehen, daß der Sauerstoff viel schwerer ist als der Wasserstoff.

1 Wasserstoff	8 Sauerstoff
	9

Sauerstoff . .	88,9
Wasserstoff . .	11,1
Wasser . . .	100,0

Nachdem wir nun gesehen, wie wir den Sauerstoff aus dem Wasser abscheiden können, will ich Euch auch zeigen, wie er leicht in großer Menge darzustellen ist. Sauerstoff ist, wie Ihr Euch nun leicht vorstellen werdet, in der Atmosphäre vorhanden; denn wie könnte

sonst eine brennende Kerze Wasser liefern, welches ja Sauerstoff enthält? Das wäre ja ganz unmöglich; Wasser erzeugen ohne Sauerstoff — das ist eine chemische Unmöglichkeit. Können wir Sauerstoff aus der Luft darstellen? Nun, es giebt einige sehr weitläufige und schwierige Prozesse, durch die das möglich ist; aber wir kennen viel bessere Wege. Da habe ich eine Substanz, Namens Braunstein, ein ganz un-



Fig. 21.

ansehnliches, aber sehr brauchbares Mineral. Wird dieser Braunstein rothglühend gemacht, so liefert er Sauerstoff. Hier ist eine eiserne Flasche, in der sich Braunstein befindet, und in ihren Hals ist ein Leitungsrohr eingefügt. Das Feuer ist bereit, und Herr Anderson wird nun die Retorte hineinbringen; sie wird die Hitze schon aushalten, denn sie ist ja von Eisen. — Hier habe ich ein Salz, chlorsaures Kali genannt, das jetzt in größeren Mengen in der Feuer-

werkerei, zu chemischen, medicinischen und manchen anderen Zwecken gebraucht wird. Davon mische ich etwas mit dem Braunstein (Kupferoxyd oder Eisenoxyd würden dieselben Dienste thun), und wenn ich diese Mischung in die Retorte bringe, so ist bedeutend weniger als Rothglühhitze nöthig, um den Sauerstoff daraus zu entwickeln. Ich beabsichtige nicht sehr viel zu machen, sondern ich will nur genug zu unserem Experimente haben; doch darf ich nicht zu wenig hineinthun, weil das zu Anfang entwickelte Gas in der Retorte mit Luft vermischt ist, und ich deshalb gezwungen bin, diesen ersten Theil zu opfern; ich muß also das erste Gas entweichen lassen. Ihr werdet finden, daß hier eine gewöhnliche Spiritusflamme hinreichend ist, den Sauerstoff zu entwickeln, und so haben wir nun zwei Prozesse zu seiner Darstellung im Gange. Seht nur, wie reichlich das Gas aus jener kleinen Menge der Mischung entweicht. Wir wollen es nun prüfen und seine Eigenthümlichkeiten untersuchen. Wie Ihr seht, erhalten wir auf diesem Wege ein Gas, ganz gleich demjenigen, welches uns der Versuch mit der Batterie lieferte, durchsichtig, unlöslich in Wasser, mit den gewöhnlichen sichtbaren Eigenschaften der Luft. (Da dieses erste Gefäß Luft enthält, die zusammen mit den ersten Portionen Sauerstoff entwichen war, so schaffen wir es fort und sind somit vorbereitet, unsere Versuche in völlig regelmäßiger und zuverlässiger Weise auszuführen.) An dem Sauerstoff, den wir soeben mittelst der Volta'schen Batterie

aus dem Wasser abschieden, sahen wir ganz auffällig die Fähigkeit, das Brennen eines Holzspans, einer Kerze und dergl. zu begünstigen, und wir dürfen erwarten, dieselbe Eigenthümlichkeit hier wiederzufinden. Versuchen wir es! Seht her: so brennt jetzt der Wachsstock in der gewöhnlichen Luft, und hier, wenn ich den Wachsstock in das Gefäß halte, seine Verbrennung in diesem Gas! Seht, wie hell und schön er brennt! Aber Ihr könnt noch mehr als dieses sehen, — Ihr bemerkt, daß es ein schweres Gas ist, während der Wasserstoff wie ein Ballon in die Höhe geht, oder vielmehr rascher als ein Ballon, wenn er nicht das Gewicht der Umhüllung zu tragen hat. Ihr begreift wohl, wenn wir aus dem Wasser auch zweimal so viel Wasserstoff als Sauerstoff dem Umfang nach erhalten haben, so folgt daraus nicht, daß der erstere auch zweimal so schwer ist; das eine ist eben ein schweres, das andere ein sehr leichtes Gas. Wir haben Mittel, Luft- oder Gasarten zu wägen; aber ohne mich jetzt mit Auseinandersetzung derselben aufzuhalten, will ich Euch gleich sagen, wie groß ihr Gewicht ist. Der Unterschied ist sehr bedeutend: 1 Kubikfuß Wasserstoff wiegt $^1/_{12}$ Unze, 1 Kubikfuß Sauerstoff aber wiegt $1^1/_3$ Unze*). Der Sauerstoff ist also 16 mal so schwer als ein gleicher Raumtheil Wasserstoff.

Fig. 22.

*) Unze ist ein englisches Gewicht, von dem 16 auf ein Pfund (engl.) gehen.

Um die besondere Eigenthümlichkeit des Sauerstoffs, die Verbrennung zu unterhalten, noch besser im Vergleich mit der Luft zu zeigen, mag uns dieses Stückchen Kerze dienen, obwohl das Ergebniß etwas roh ausfallen wird. Hier brennt unsere Kerze an der Luft; wie wird sie im Sauerstoff brennen? Ich habe hier ein Gefäß mit Sauerstoff und werde es jetzt über die Kerze halten, damit Ihr die Wirkung dieses Gases mit der der Luft vergleichen könnt. Paßt auf; es sieht beinahe so aus, wie das Licht an den Polen der Batterie, das Ihr vorhin saht. Wie gewaltig muß doch diese Wirkung sein! Und dennoch wird während des ganzen Prozesses weiter nichts erzeugt, als was sich beim Brennen in der Luft entwickelt. Wir haben dieselbe Bildung von Wasser — ganz genau denselben Vorgang — mögen wir die Kerze in der Luft oder in diesem Gase verbrennen.

Ich will Euch noch einige Experimente zeigen, an denen sich die wirklich wunderbare Kraft des Sauerstoffs, die Verbrennung zu unterhalten, noch deutlicher zeigt. Hier habe ich z. B. eine Lampe, die ich trotz ihrer Einfachheit das Muster zu vielen Arten von Lampen nennen möchte, die zu den verschiedensten Zwecken gebaut worden sind — für Leuchtthürme, mikroskopische Beleuchtung u. s. w.; wenn wir nun beabsichtigten, sie sehr hell brennen zu lassen, so könntet Ihr wohl fragen: „Wenn eine Kerze besser im Sauerstoff brennt, warum nicht auch eine Lampe?" Nun, sie thut's in der That. Herr Anderson wird mir eine Röhre geben, die von

unserem Sauerstoff-Reservoir kommt, und ich werde sie in diese Flamme bringen, die ich absichtlich schlecht brennen lasse. Da kommt der Sauerstoff — ha, welch prächtige Wirkung! Wenn ich ihn aber wieder absperre, was wird aus der Lampe? [Der Sauerstoffstrom wird unterbrochen, und die Lampe fällt in ihre vorige Dunkelheit zurück.] Es ist wirklich wundervoll, wie wir durch den Sauerstoff die Verbrennung beschleunigen können. Und nicht etwa blos bei der Wasserstoffflamme, bei der brennenden Kerze oder Kohle, sondern bei allen gewöhnlichen Verbrennungen zeigt sich das. Ihr habt z. B. schon etwas Eisen in der atmosphärischen Luft brennen sehen; nehmen wir diese Verbrennung auch einmal mit Sauerstoff vor. Hier ist eine Flasche voll Sauerstoff, und da habe ich einen Eisendraht — es könnte aber auch ein Stab so dick wie ein Handgelenk sein, er würde ebenso brennen. Ich befestige erst ein Stückchen Holz an den Draht, zünde das Holz an, und lasse sie nun zusammen in das Gefäß hinab. Das Holz hat jetzt Feuer gefangen und brennt so, wie eben Holz in Sauerstoff brennen muß; aber bald wird die Verbrennung auch das Eisen ergreifen. Seht, da brennt das Eisen ganz prächtig und wird lange Zeit so weiter brennen. Wenn wir fortwährend frischen



Fig. 23.

Sauerstoff hinzuführen wollten, könnten wir die Verbrennung des Eisens unterhalten, bis es gänzlich verzehrt ist.

Doch lassen wir das jetzt bei Seite, um noch die Verbrennung einiger anderer Substanzen zu beobachten; denn wir müssen mit der uns zugemessenen Zeit haushalten. Wir wollen ein Stück Schwefel nehmen; Ihr wißt, wie der Schwefel in der Luft brennt; nun bringen wir ihn in Sauerstoff, und Ihr werdet wiederum sehen, daß ein Körper, der an der Luft brennen kann, mit ungleich größerer Lebhaftigkeit im Sauerstoff brennt. Und diese Erfahrung muß Euch auf den Gedanken bringen, daß die atmosphärische Luft ihre Fähigkeit, die Verbrennung zu unterhalten, einzig und allein diesem Gas verdankt. Der Schwefel brennt jetzt ganz ruhig in dem Sauerstoff; aber Ihr könnt keinen Augenblick die gesteigerte Lebhaftigkeit bei dieser Verbrennung verkennen, im Vergleich zu dem Brennen des Schwefels in gewöhnlicher Luft.

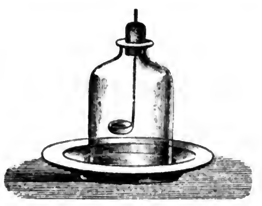


Fig 24.

Auch die Verbrennung des Phosphors will ich Euch hier noch zeigen; ich kann das hier besser thun, als Ihr es selbst zu Hause im Stande seid. Wie Ihr wißt, ist der Phosphor sehr leicht entzündlich, und ein Körper, der schon in der Luft so leicht brennt, wie lebhaft wird

der vollends in reinem Sauerstoff brennen! Ich darf Euch den Vorgang gar nicht in seiner vollen Heftigkeit zeigen, weil dabei unser ganzer Apparat in die Luft fliegen würde, und auch so schon werde ich das Zersprengen dieser Flasche vielleicht nicht vermeiden können. Ihr seht, wie sich der Phosphor an der Luft entzündet und brennt. Aber welch prachtvolles Licht strahlt er jetzt im Sauerstoff aus! Seht, wie da einzelne Stückchen abspringen, emporgeschleudert werden und jedes für sich heftig aufflammt, wodurch eben dieses glänzende Licht entsteht.

So viel für jetzt von der Fähigkeit des Sauerstoffs, die Verbrennung anderer Körper auf's lebhafteste zu unterhalten. Unsere nächste Aufgabe wird jetzt sein, sein Verhältniß zum Wasserstoff näher ins Auge zu fassen.

Ihr erinnert Euch, wie wir das Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zerlegten, dann die Mischung dieser beiden entzündeten und dabei eine kleine Explosion erhielten. Ihr erinnert Euch ferner, daß wir Sauerstoff und Wasserstoff in einem Gefäß mit einander verbrannten, wobei sich wenig Licht, aber sehr große Hitze entwickelte. Hier nun habe ich die beiden Gase genau in dem Verhältniß gemischt, in welchem sie im Wasser vorhanden sind, und diese Mischung will ich entzünden. Das Gefäß hier enthält genau ein Raumtheil Sauerstoff und zwei Raumtheile Wasserstoff; die Mischung ist also genau wie in dem Gas, das wir vorhin durch Zer-

setzung des Wassers mittelst der electrischen Batterie erhielten. Weil ich aber nicht gleich die ganze Menge entzünden will — das wäre viel zu viel auf einmal —, so habe ich mir hier Seifenwasser zurechtgestellt, in das ich die Gasmischung einleite, um Seifenblasen zu bekommen, die damit gefüllt sind, und diese Seifenblasen will ich dann anzünden; auf diese Art können wir sehr einfach die Verbrennung des Wasserstoffs mit Sauerstoff beobachten. Versuchen wir also zunächst, Seifenblasen zu bekommen. Ich leite die Gasmischung durch diese Thonpfeife in das Seifenwasser, und seht, da kommt das Gas, da habe ich schon eine Blase. Ich will sie auf der Hand auffangen. Ihr denkt vielleicht, das ist recht unvorsichtig von mir; aber ich will Euch nur zeigen, daß man sich aus bloßem Lärm und Geknalle nichts zu machen braucht. [Der Vortragende läßt durch Annäherung eines brennenden Hölzchens die Blase auf der Hand explodiren.] Ich muß mich aber sehr hüten, eine Blase gleich beim Austritt aus der Thonpfeife anzuzünden, weil dann die Explosion durch die Röhre rückwärts in das Gefäß schlagen und dieses in Trümmer zerschmettern würde. Der Sauerstoff vereinigt sich also, wie Ihr hier gesehen und an dem Knall gehört habt, mit größter Lebhaftigkeit mit dem Wasserstoff; und dabei werden seine eigenthümlichen Kräfte ebenso wie die des Wasserstoffs völlig aufgehoben. Man sagt: die Eigenschaften des Sauerstoffs und die des Wasserstoffs neutralisiren sich gegenseitig.

Nunmehr darf ich wohl annehmen, daß Ihr die innere Beziehung zwischen der chemischen Natur des Wassers, des Sauerstoffs und der atmosphärischen Luft genauer zu durchschauen vermögt. Ein Stück Kalium, das ich auf Wasser lege — wie ich es jetzt noch einmal thue — warum zersetzt es das Wasser? Weil es Sauerstoff in dem Wasser findet. Und was wird dabei frei? Wasserstoff wird frei, und dieser Wasserstoff brennt, während das Kalium selbst sich mit dem Sauerstoff verbindet; dieses Stück Kalium nimmt also, indem es das Wasser zersetzt — sehen wir es für Wasser an, das bei Verbrennung einer Kerze gebildet wurde — es entnimmt, sage ich, den Sauerstoff ebenso aus dem Wasser, wie ihn die Kerze aus der Luft entnahm, und läßt dabei den Wasserstoff frei werden. Und diese schöne verwandtschaftliche Zuneigung des Sauerstoffs und des Kaliums zu einander zeigt sich selbst dann, wenn ich ein Stückchen Kalium auf Eis lege — augenblicklich, seht Ihr, wird das Kalium vom Eis in Brand gesetzt.

Ich wollte Euch das Alles heute noch zeigen, um Eure Einsicht in diese Vorgänge zu erweitern und damit Ihr seht, wie sehr die Erscheinungen von den Umständen abhängen. In Berührung mit dem Kalium bringt das Eis eine Art von vulkanischer Wirkung hervor.

Da ich jetzt dergleichen ungewöhnliche Erscheinungen einmal berührt habe, so wird es bei unserer nächsten

Zusammenkunft meine Aufgabe sein, Euch zu zeigen, daß uns von keiner derselben Gefahr droht, daß wir von ihnen nichts zu befürchten haben, wenn wir nur, wie beim Gebrauch der Kerze im Zimmer oder des Leuchtgases auf den Straßen oder der Feuerung im Ofen, stets die Naturgesetze zu unserer Richtschnur nehmen, denen sie unterworfen sind.

Fünfte Vorlesung.

Die atmosphärische Luft, eine Mischung aus Sauerstoff und Stickstoff. Eigenschaften des Stickstoffs. Quantitative Zusammensetzung der Luft. Das Wägen der Gase. Luftdruck. Elasticität der Luft. — Kohlensäure als Verbrennungsproduct der Kerze. Erkennung der Kohlensäure. Ihr Vorkommen in der Natur. Darstellung und Eigenschaften der Kohlensäure.

Wir haben gesehen: beim Verbrennen einer Kerze gewinnen wir Wasser, und aus diesem Wasser können wir Wasserstoff und Sauerstoff darstellen. Der Wasserstoff, wißt Ihr, stammt von der Kerze her, und der Sauerstoff tritt aus der Luft hinzu. Da könnt Ihr nun mit Recht fragen: „Wie kommt's denn aber, daß die Kerze nicht gleich gut in Luft und in Sauerstoff brennt?" Ihr erinnert Euch recht gut, wie ich ein brennendes Stückchen Kerze in Sauerstoff brachte (vergl. Fig. 22, S. 124), daß da die Verbrennung eine ganz andere, nämlich viel lebhafter war, als in der atmosphärischen Luft. Nun, warum das? Diese Frage ist von der höchsten Wichtigkeit für uns, sie berührt ganz unmittelbar die Natur der atmosphärischen Luft, und ich werde mich bemühen, sie Euch verständlich zu beobachten.

Die lebhaftere Verbrennung der Körper im Sauerstoff kann uns als Erkennungsmittel dieses Gases dienen. Ihr habt gesehen, wie eine Kerze an der Luft und wie sie in Sauerstoff brennt; Ihr habt dasselbe beobachtet beim Phosphor und ebenso bei Eisenfeilspänen. Es giebt indeß noch verschiedene andere Mittel für denselben Zweck, und um Eure Erfahrung und Eure Einsicht zu bereichern, werde ich Euch noch etliche vorführen. Hier habe ich ein Gefäß voll Sauerstoff; daß solcher darin ist, muß ich Euch freilich erst nachweisen: ich bringe einen schwach glimmenden Span hinein, und die Erfahrungen, die Ihr das vorige Mal gesammelt habt, lassen Euch den Erfolg mit Bestimmtheit voraussagen — seht her: durch diese lebhafte Verbrennung ist die Anwesenheit des Sauerstoffs unzweifelhaft nachgewiesen. Und nun eine andere und zwar sehr merkwürdige und nützliche Probe auf Sauerstoff. Da habe ich zwei Gefäße; beide sind mit Gasen gefüllt und zwischen ihnen befindet sich eine Platte, damit die Gase sich nicht berühren können. Die Platte nehme ich jetzt weg, und die beiden Gase kriechen nun förmlich in einander. „Was geschieht denn da?“ fragt Ihr; „Es findet ja keine Verbrennung statt, wie wir's bei der Kerze gesehen haben!“ Und dennoch sollt Ihr in dieser Verbindung des einen Gases mit dem andern einen Beweis für die Gegenwart von Sauerstoff kennen lernen. Seht das schön rothbraun gefärbte Gas, welches auf diese Weise entstanden ist! Wir können das Experiment in

derselben Weise auch mit gewöhnlicher Luft machen wenn wir sie mit diesem Prüfgas*) mischen. In diesem Gefäß hier ist nur Luft — dieselbe Luft wie die, in welcher die Kerze brannte — und diese Flasche enthält unser Prüfgas; ich lasse sie über Wasser zusammenkommen, und nun seht das Ergebniß: der Inhalt der Versuchsflasche fließt in das Gefäß über, welches nur Luft enthielt; wir beobachten genau denselben Vorgang, wie soeben beim Sauerstoff und schließen daraus wiederum, daß der Sauerstoff auch in der Luft vorhanden ist — ganz derselbe Sauerstoff, den wir schon aus dem von der Kerze entwickelten Wasser darstellten. Aber warum brennt denn nun die Kerze in der Luft doch nicht so gut wie in Sauerstoff? Nun, wir werden sogleich auf diesen Punkt kommen. Hier habe ich zwei Gläser; beide sind bis zu derselben Höhe mit Luftarten gefüllt, die ganz gleiches Aussehen haben, und in der That weiß ich augenblicklich nicht, welches von beiden Gefäßen Sauerstoff und welches atmosphärische

---

*) Dieses „Prüfgas" ist das sogenannte Stickoxyd der Chemiker, eine Verbindung von Stickstoff (von welchem in dieser Vorlesung ausführlich die Rede ist) und Sauerstoff. Es ist ausgezeichnet durch die Eigenschaft, sich in Berührung mit freiem Sauerstoff sogleich mit diesem zu einer sauerstoffreicheren Verbindung zu vereinigen. Da Stickoxyd und Sauerstoff farblose und unsichtbare Gase sind, das Gas, welches durch ihre Verbindung entsteht, aber dunkel rothbraun gefärbt ist, so zeigt in der That das Stickoxyd die Gegenwart von freiem Sauerstoff in einer sehr augenfälligen Weise an.

Luft enthält — nur daß sie mit diesen Gasen sorgsam gefüllt wurden, weiß ich bestimmt. Indeß, da habe ich ja unser Prüfgas von vorhin; das will ich auf beide Gefäße einwirken lassen, um zu sehen, ob sich an dem Braunwerden dieses Gases in den beiden anderen Gasen eine Verschiedenheit zeigt. Ich lasse das Gas also in eins der Gläser einfließen und sehe zu, was sich ereignet. Da seht, es wird sofort braun — also ist Sauerstoff darin! Nehmen wir nun das andere Gefäß vor. Ihr seht, das wird nicht so rasch und nicht so entschieden braun als das erste. Dabei zeigt sich aber noch folgender merkwürdige Umstand: Wenn ich diese beiden Gase mit Wasser gut durchschüttle, so nimmt das Wasser das braune Gas in sich auf, löst es, und wenn ich dann von neuem etwas Prüfgas hineinlasse, so daß abermals braunes Gas entsteht, und schüttle wieder, so wird es wiederum aufgelöst, und das kann ich so lange fortsetzen, als noch eine Spur Sauerstoff in dem Gefäß vorhanden ist.

Wenn ich das Prüfgas in die Luft bringe, so ist der Vorgang ein anderer. Zuerst entsteht auch hier das braune Gas; sobald ich dann Wasser hineinbringe, verschwindet das braune Gas, und ich kann so fort und fort von unserem Prüfgas mehr hinzufügen, bis ich zu einem Punkt komme, wo durch diesen eigenthümlichen Körper, der die Luft und den Sauerstoff braun färbt, keine Bräunung mehr hervorgerufen wird. Woher kommt das? Ihr seht es im Augenblick: weil außer

dem Sauerstoff noch etwas Anderes in der Luft enthalten ist, was zuletzt übrig bleibt. Ich will noch ein wenig Luft in das Gefäß einlassen, und wenn dann wieder eine Bräunung erfolgt, so könnt Ihr daraus schließen, daß von dem braunfärbenden Gas noch etwas darin war, daß also auch nicht der Mangel desselben das Zurückbleiben jener Luftart bedingte.

Nunmehr werdet Ihr leichter im Stande sein, das zu verstehen, was ich eigentlich zu sagen habe. Als ich Phosphor in einem Gefäß verbrannte*), saht Ihr, als sich der aus Phosphor und dem Sauerstoff der Luft gebildete Rauch abgesetzt hatte, daß etwas aus der Luft in ziemlicher Menge unverbraucht übrig geblieben war — ganz so, wie hier das Prüfgas etwas unberührt zurückläßt; und wirklich ist es ein und dasselbe Gas, welchem dort der Phosphor wie hier das braunfärbende Gas nichts anhaben konnte, und dieses Etwas ist eben kein Sauerstoff, und doch ein Bestandtheil der atmosphärischen Luft.

Da haben wir also ein Mittel gefunden, die Luft in die beiden Stoffe zu zerlegen, aus denen sie zusammengesetzt ist — in Sauerstoff, der die Kerze, den Phosphor und alles Andere verbrennen macht, und in den andern Körper, der keine Verbrennung bewirkt, den Stickstoff, Nitrogen. Dieser andere Bestandtheil ist in weit überwiegender Menge in der Luft ent-

---

*) Siehe Fig. 9, Seite 74.

halten. Bei seiner Prüfung werden wir ganz sonderbare Eigenschaften an ihm entdecken; es ist ein ganz merkwürdiger Körper, obwohl er Euch vielleicht ganz uninteressant vorkommt. In mancher Hinsicht mag er dies freilich scheinen, z. B. darin, daß er keine glänzenden Verbrennungserscheinungen bewirkt. Wie den Wasserstoff und den Sauerstoff, will ich auch ihn zunächst mit meinem Wachslicht prüfen. Da seht, er entzündet sich nicht, wie es der Wasserstoff that, und er läßt den Wachsstock nicht fortbrennen, wie wir's beim Sauerstoff sahen; ich mag's anstellen, wie ich nur will, er thut weder dies noch jenes; er selbst fängt nicht Feuer, und den brennenden Wachsstock verlöscht er gar; jede Flamme löscht er aus, mag brennen, was da will; es giebt nicht einen Körper, der unter gewöhnlichen Umständen darin zu brennen vermag. Der Stickstoff riecht nicht, er schmeckt nicht, er löst sich nicht im Wasser, er ist weder sauer, noch alkalisch, er ist so völlig indifferent gegen alle unsere Sinne, wie es nur irgend etwas sein kann. Da möchtet Ihr vielleicht sagen: „Mit dem ist nichts — der ist unsrer Aufmerksamkeit gar nicht werth — was thut denn der in der Luft?" Doch halt! Laßt uns nur etwas genauer zusehen, ob wir an ihm nicht ganz wichtige und schöne Beobachtungen machen können. Nehmen wir einmal an, die Luft bestände aus lauter Sauerstoff, statt aus einer Mischung von Stickstoff mit Sauerstoff — was würde da aus uns werden? Ihr wißt, daß ein glühendes

Stück Eisen in einem Gefäß mit reinem Sauerstoff vollständig verbrennt; nun seht den eisernen Rost auf dem Herd im Feuer — wo würde er bleiben, wenn die Luft nur aus Sauerstoff bestände! Der Rost würde fast ebenso schnell verbrennen als die Kohlen; denn auch das Eisen des Rostes hat große Neigung zum Verbrennen, d. h. es hat eine sehr bedeutende Verwandtschaft zum Sauerstoff. Das Feuer in einer Locomotive würde ein Feuer mitten in einem Holzmagazin sein, wenn die atmosphärische Luft aus lauter Sauerstoff bestände. Der Stickstoff aber bändigt das Feuer, macht es uns dienstbar, und außerdem nimmt er die andern Verbrennungsproducte mit sich fort, wie Ihr sie auch bei der Kerze habt aufsteigen sehen, zerstreut sie in der weiten Atmosphäre und leitet sie an Stellen hin, wo sie einem andern herrlichen Zwecke zum Wohle des Menschen dienen, nämlich zur Unterhaltung der Vegetation. Und so seht Ihr, daß dieser Stickstoff, den Ihr anfänglich für so uninteressant hieltet, uns ganz wunderbare Dienste leistet.

Der Stickstoff ist in seinem gewöhnlichen Zustand ein völlig indifferentes Element; auch die stärkste electrische Kraft veranlaßt ihn kaum, und jedenfalls nur in sehr geringem Grade, eine directe Verbindung mit dem andern Bestandtheil der Luft, mit dem Sauerstoff, oder mit irgend einem andern Körper einzugehen; er ist ganz und gar indifferent, und ich möchte ihn deshalb einen zuverlässigen Körper nennen.

Bevor wir indeß in unserer Betrachtung fortfahren, muß ich von der atmosphärischen Luft selbst noch Einiges sagen. Ich will hier die Zusammensetzung von 100 Theilen Luft anschreiben:

	Raumtheile.	Gewichtstheile.
Sauerstoff	21	23
Stickstoff	79	77
	100	100

Das ist genau das Verhältniß des Sauerstoffs und des Stickstoffs in der atmosphärischen Luft, wie es uns die Analyse ergiebt; wir finden, daß 5 Raumtheile atmosphärischer Luft ungefähr 4 Raumtheile Stickstoff auf 1 Raumtheil Sauerstoff enthalten. Eine so überwiegende Menge Stickstoff ist also erforderlich, um den Sauerstoff so weit in seiner Wirkung zu mäßigen, daß unsere Kerze ordentlich brennt; und ferner die Luft in einen solchen Zustand zu versetzen, daß unsere Lungen ruhig und gesund darin athmen können. Denn beides, unser Athmen sowohl wie das Brennen der Kerze oder der Feuerung im Ofen, hängt gleichmäßig von diesem richtigen Mischungsverhältniß des Sauerstoffs und des Stickstoffs in der Luft ab.

Nun muß ich Euch aber auch das Gewicht dieser Gase selbst angeben. Es wiegt:

1 Kubikmeter (1000 Liter)	Stickstoff . .	1256 Gramm.
1 " " "	Sauerstoff .	1430 "
1 " " "	atmosph. Luft	1293 "

Ich habe schon mehrmals die Frage von Euch gehört und mich gefreut, daß Ihr sie thatet: „Wie wägt man Gase?“ Ich will es Euch zeigen. Es ist ganz einfach und leicht. Hier habe ich eine Wage und hier eine kupferne Flasche; diese ist so dünn und leicht als möglich gemacht, doch so, daß sie noch fest und stark ist, zugleich vollkommen luftdicht und auf der Drehbank sauber abgedreht. Sie ist mit einem Hahn versehen, den man leicht schließen und öffnen kann; jetzt steht er offen, läßt also die Luft frei in die Flasche eintreten. Hier nun habe ich meine feine, sehr empfindliche Wage, und ich denke, die Flasche in ihrem gegenwärtigen Zustande wird gerade von dem Gewicht gehalten werden, das auf der anderen Schale liegt.

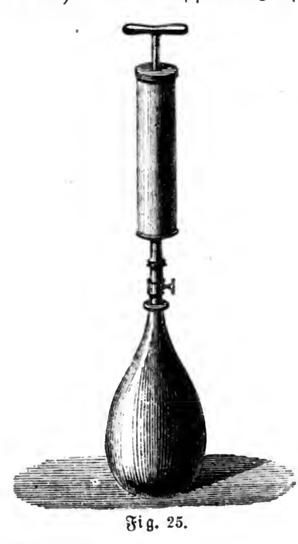


Fig. 25.

Ferner habe ich hier eine Pumpe, mittelst welcher wir Luft in die kupferne Flasche pressen können, und zwar wollen wir eine gewisse Anzahl von Raumtheilen Luft hineinpressen, denen der Stiefel der Pumpe als Maß dient. Wir wollen jetzt gleich zwanzig solcher Raumtheile in die

Flasche hineinpumpen. — So! — Nun schließen wir den Hahn fest und bringen die Flasche auf die Wage. Seht, wie sie sinkt! Sie ist jetzt bedeutend schwerer geworden. Wodurch? Nun, durch die Luft, die wir mit der Pumpe hineingepreßt haben. Es ist nichts als Luft darin, die Luft darin nimmt auch keinen

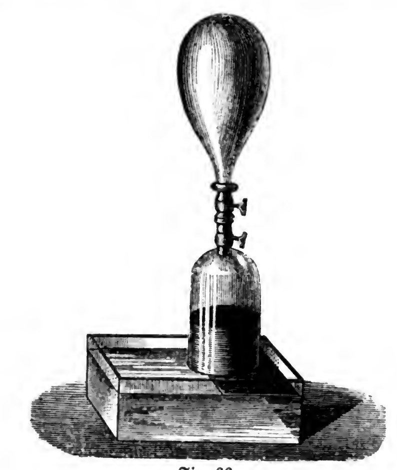


Fig. 26.

größeren Raum ein, aber wir haben schwerere Luft in demselben Raum, weil wir eben die Luft zusammengepreßt haben. Damit Ihr nun auch erfahrt, wieviel dem Raum nach die eingepreßte Luft beträgt, habe ich hier eine Flasche voll Wasser, deren Hals genau in den der Kupferflasche paßt und ebenfalls mit einem

Hahn versehen ist. Ich schraube sie beide sorgfältig aufeinander und öffne die Hähne, so daß nun die durch 20 Pumpenzüge comprimirte Luft in die Glasflasche übertreten und sich ungehindert zu ihrem ursprünglichen Umfang wieder ausdehnen kann. Um nun sicher zu sein, daß wir bei unsrer Arbeit ganz richtig zu Werke gegangen sind, wollen wir die kupferne Flasche wieder auf die Wage legen; wird sie von dem Gewicht auf der andern Schale — es ist noch dasselbe wie vorhin — auch jetzt wieder genau im Gleichgewicht gehalten, so war unser Experiment richtig. Seht, die Wage steht ganz gleich. Auf diese Weise also können wir das Gewicht der Luftmenge ermitteln, die wir mittelst der Pumpe hineinpressen und daraus dann das Gewicht eines Kubikmeter Luft zu 1293 Gramm bestimmen. Doch kann solch ein Experiment im Kleinen Euch unmöglich die ganze Bedeutung dieses Gegenstandes vor Augen führen. Es ist wahrhaft wunderbar, wie viel auffälliger sie wird, wenn man solche Versuche mit größeren Luftmengen ausführt. Dieses Volumen Luft hier — das ist ein Liter — wiegt nicht ganz $1^1/_3$ Gramm. Wie hoch schätzt Ihr den Inhalt des Kastens dort, den ich eigens zu diesem Zweck habe machen lassen? Die Luft darin wiegt gerade ein Pfund, ein volles Pfund. Auch das Gewicht der Luft in diesem Saale habe ich berechnet; sie wiegt — Ihr werdet's kaum denken — aber sie wiegt wirklich über eine Tonne (d. i. 1000 Kilogramm). Seht, so ungeheuer wachsen da gleich die Zahlen an,

und von solcher Bedeutung ist die Gegenwart der atmosphärischen Luft und des Sauerstoffs und Stickstoffs in ihr, woraus wir wiederum auf die Größe des Nutzens schließen können, den sie uns schafft, indem sie Stoffe hin und her, von einem Ort zum andern versetzt und schädliche Dünste dahin bringt, wo sie nützlich wirken statt zu schaden.

Nachdem wir nun diese kurze Betrachtung über das Gewicht der Luft angestellt haben, wollen wir auch gleich einige Folgerungen ziehen, ohne welche Ihr so manches Andere, zu dem wir noch gelangen werden, nicht recht verstehen würdet. Erinnert Ihr Euch vielleicht eines ähnlichen Experimentes? Habt Ihr noch nichts dergleichen beobachtet? Ich will einmal eine ähnliche Pumpe nehmen, wie ich sie kürzlich benutzte, um Luft in die kupferne Flasche hineinzupressen, und will einen Apparat damit verbinden, dessen Oeffnung ich mit der Hand bedecken kann. Wir können die Hand in freier Luft so leicht hin und her bewegen, daß wir kaum glauben, etwas dabei zu fühlen; es erfordert schon eine sehr rasche Bewegung, um einen Widerstand der Luft gewahr zu werden. Wenn ich aber meine Hand hierher lege, auf den sogenannten Recipienten der Luftpumpe, und nun die Luft herauspumpe — seht da, was geschicht! Warum ist meine Hand auf einmal an den Apparat gefesselt, sodaß ich die ganze Luftpumpe mit herumziehen kann, da ich sie doch gar nicht anfasse und halte? Seht, ich kann die Hand kaum wieder davon

losmachen. Nun, was ist die Ursache? Es ist das Gewicht, der Druck der Luft — das Gewicht der darüber befindlichen Luft drückt meine Hand so fest auf den leeren Raum darunter.

Ich will noch ein anderes Experiment machen, welches Euch darüber noch besser Aufklärung geben wird. Ueber diesen Cylinder ist eine Schweinsblase ausgespannt und festgebunden; ich bringe den Cylinder auf die Luftpumpe und pumpe die Luft heraus — Ihr werdet gleich den Erfolg sehen; jetzt ist die Blase flach ausgespannt:

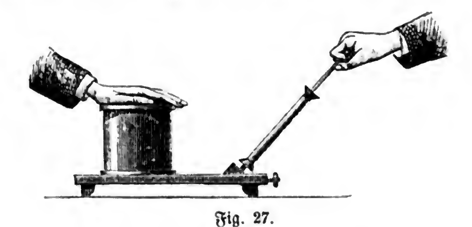
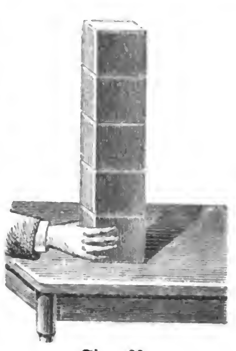


Fig. 27.

setze ich aber die Pumpe ein wenig in Bewegung — seht, wie sie einsinkt, wie sie nach unten eingedrückt wird; seht, wie sie tiefer und immer tiefer niederwärts geht, bis sie vermuthlich zuletzt durch die Gewalt der darauf drückenden Luft zersprengt werden wird. [Die Blase zerspringt zuletzt mit einem lauten Knall.] Das geschah einzig und allein durch die darauf drückende Last der darüber stehenden Luft, und dieser Hergang ist ganz leicht zu verstehen. Die Luftschichten können wir uns übereinander aufgestapelt denken, wie die fünf Würfel

hier auf einander stehen. Nun seht Ihr doch, daß die vier oberen von diesen Würfeln von dem fünften, der auf dem Boden aufliegt, getragen werden, und wenn ich diesen wegnehme, so müssen die oberen heruntersinken. Gerade so ist's auch bei der atmosphärischen Luft. Die oberen Luftschichten werden von den untersten getragen, ruhen auf ihr, und wenn diese untere Luftschicht weggepumpt wird, so müssen eben Wirkungen eintreten, wie Ihr sie an meiner auf den Recipienten gefesselten Hand und am Zersprengen der Blase gesehen habt, und wie Ihr sie jetzt noch besser beobachten sollt. Ueber dieses Gefäß hier habe ich eine Gummihaut gespannt und werde nun die Luft herauspumpen. An diesem Gummi, der also eine Scheidewand zwischen der untern Luftschicht und der obern bildet, könnt Ihr den Druck sehr deutlich beobachten. Jetzt kann ich schon die ganze Hand in das Gefäß hineinlegen. Und dieses Resultat wird einzig bewirkt durch den gewaltigen Druck der oberen Luftschichten. Wie schön zeigen sich da diese wunderbaren Verhältnisse!


Fig. 28.

Hier habe ich einen kleinen Apparat, an dem Ihr nachher, wenn ich meinen Vortrag geschlossen habe,

Eure Kraft im Ziehen erproben könnt. Er besteht aus zwei hohlen Halbkugeln von Messing, deren Ränder genau auf einander passen; die eine ist mit einer Röhre versehen, an der sich ein Hahn befindet, so daß man die Luft herauspumpen und dann abschließen kann. Seht, die beiden Hälften lassen sich jetzt, wo Luft darin ist, ganz leicht auseinandernehmen; wenn wir aber die Luft herauspumpen, so werdet Ihr nachher sehen, daß je Zwei von Euch mit allem Kraftaufwande nicht im Stande sind, sie auseinanderzuziehen. Jeder Quadratcentimeter der Oberfläche der geschlossenen und ausgepumpten Kugel hält einen Druck von ungefähr einem Kilogramm aus, und Ihr mögt nun Eure Stärke versuchen und zusehen, ob Ihr dieses Luftdruckes Herr werdet.

Hier hab' ich noch ein anderes hübsches Ding — einen Sauger für Kinder, nur etwas verbessert von der Wissenschaft. So junge Leute, wie wir, sind ganz in ihrem Recht, nach Spielzeug zu greifen und es zum Gegenstand ihrer Forschung zu machen, wie ja auch manchmal die Wissenschaft zur Spielerei gemacht wird. Hier ist also unser Sauger; er besteht aus Gummi. Wenn ich ihn auf den Tisch aufklappe, seht, da steht er auf einmal fest. Nun, warum thut er das? Ich kann ihn auf dem Tische gleiten lassen; will ich ihn aber emporheben, so scheint er den Tisch mit in die Höhe ziehen zu wollen; ich kann ihn ganz leicht von einer Stelle zur andern schieben, aber nur wenn ich ihn

an die Kante des Tisches bringe, läßt er sich wegziehen. Auch dieser Sauger wird nur durch den Luftdruck so fest gehalten. Hier hab' ich mehrere; da nehmt ein Paar und drückt sie an einander! Ihr werdet sehen, wie fest sie zusammenhalten. Sie können wirklich ganz gut zu dem Zweck gebraucht werden, zu dem man sie in Vorschlag gebracht hat, nämlich sie an Fenstern oder glatten Wänden zu befestigen und allerlei kleine Sachen daran aufzuhängen; sie werden einen ganzen Tag daran festhalten. Ich weiß indeß, daß Kinder besonders solche Experimente gern sehen, die sie zu Hause leicht nachmachen können, und darum will ich Euch noch ein recht hübsches zur Veranschaulichung des Luftdruckes zeigen. Hier ist ein Glas voll Wasser; wenn ich Euch nun frage, ob Ihr das Glas so umdrehen könnt, daß das Wasser nicht herausläuft, aber ohne daß Ihr's mit der Hand zuhaltet — es soll nur durch den Luftdruck darin gehalten werden — würdet Ihr das machen können? Nehmt ein Weinglas, ganz oder halb voll Wasser, legt ein glattes Stück Papier oben auf, dreht es vorsichtig um, wie ich's hier mache, und nun seht zu, was mit dem Wasser und dem Papier wird. Die Luft kann nicht hinein, weil das Wasser vermöge seiner kapillaren Anziehung Papier und Glasrand ringsherum fest zusammenhält. Und das Wasser fließt nicht heraus, da es durch den äußeren Luftdruck zurückgehalten wird.

Ich hoffe, das Ihr durch alles dieses eine richtige Vorstellung von dem Gewichte, also auch von der Körper-

lichkeit der Luft bekommen habt, und wenn ich Euch sage, daß der Kasten dort ein Pfund Luft enthält und dieses Zimmer mehr als eine Tonne, so wird es Euch wohl begreiflich sein, daß die Luft ein ganz gewichtiger Körper ist. Ich will noch ein anderes Experiment zeigen, um Euch ihre Widerstandsfähigkeit darzuthun. Die Knallbüchse kennt wohl Jeder, die man so leicht aus einem Federkiel oder irgend einer ähnlichen Röhre herstellen kann; aus einem Kartoffel- oder Apfelscheibchen wird mit dem Kiel selbst ein Pfropfen ausgestochen und an das andere Ende hingeschoben, wie ich es hier mache, so daß der Ausgang dicht verschlossen wird; nun steche ich ein zweites Stückchen aus und schiebe es hinein; jetzt ist also die Luft im Innern der Röhre vollständig eingeschlossen, ganz wie wir's zu unserm Zweck gebrauchen. Nun aber zeigt es sich, daß keine Kraft im Stande ist, dieses zweite Pfröpfchen vollständig auf das erste aufzutreiben; das ist eine völlige Unmöglichkeit. Bis zu einem gewissen Grad läßt sich die Luft wohl zusammenpressen, doch lange vor der Berührung der beiden Pfropfen wird die eingezwängte Luft den vorderen Pfropfen mit einem Knall hinaustreiben; die Wirkung ist hier ähnlich wie beim Schießpulver, dessen Kraft zum Theil von denselben Umständen abhängig ist, welche Ihr hier erläutert seht.

Neulich sah ich einem Versuch zu, der mir sehr gefiel und den ich gleich für unsern vorliegenden Zweck zu benutzen gedachte. Freilich, um des Erfolges sicher

zu sein, hätte ich ein paar Minuten schweigen sollen, ehe ich mich an die Ausführung mache; denn die Lungen müssen bei diesem Experiment das meiste thun. Es handelt sich darum, dieses Ei durch meinen Athem aus dem einen Eierbecher in den andern zu treiben; ich bin allerdings des Erfolges nicht ganz sicher, weil ich jetzt schon zu viel gesprochen habe, und wenn mir's nicht gelingt, so hat das also seinen guten Grund.

[Der Vortragende macht den Versuch, und es glückt ihm, das Ei aus dem einen Becher in den andern hinüber zu blasen.]

Ihr seht, die Luft dringt zwischen dem Ei und der Becherwand abwärts, sie übt auf das Ei von unten einen Druck aus, welcher das Ei zu heben im Stande ist, obwohl ein ganzes Ei doch im Verhältniß zur Luft sehr schwer ist. Wenn Ihr den Versuch nachmachen wollt, so thut Ihr gut, das Ei vorher hart zu kochen; dann wird er Euch bei einiger Sorgfalt sicherlich gelingen.

Doch genug für jetzt von dem Druck und dem Gewichte der Luft, um noch eine andere wichtige Eigenschaft an Ihr kennen zu lernen. Ihr saht soeben bei der Knallbüchse, wie ich den zweiten Pfropfen $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll weit hineintreiben konnte, ehe der vordere hinausflog, daß also die eingeschlossene Luft bis zu einem gewissen Punkte dem Druck nachgab; ebenso saht Ihr, wie sich die Luft in der kupfernen Flasche mittelst der Pumpe so bedeutend zusammenpressen ließ. Nun das hängt von einer wunderbaren Eigenschaft der Luft ab,

nämlich von ihrer Elasticität. Ich werde Euch diese Eigenschaft der Luft möglichst gut zu veranschaulichen suchen. Eine Blase aus Gummihaut, wie ich sie hier habe, eignet sich vortrefflich dazu. Sie ist luftdicht, d. h. sie läßt Luft weder ein- noch austreten; aber sie kann sich ausdehnen und wieder zusammenziehen, so daß sie der darin eingeschlossenen Luft in jeder Weise nachgiebt, und daher gleichsam als Maßstab ihrer Elasticität dienen kann. Ihr seht, die jetzt schlaffe Blase enthält nur wenig Luft. Ich binde sie fest zu, bringe sie unter die Glocke der Luftpumpe und pumpe aus dieser die Luft heraus, hebe also den Druck der letzteren auf die in der Blase befindliche Luft auf. Seht, wie sie jetzt fort und fort sich ausdehnt, weiter und immer weiter, bis sie nun den ganzen Innenraum der Glocke ausgefüllt hat. Und lasse ich nun die Luft wieder in die Glasglocke eindringen, seht da, so geht auch die Luft in der Blase wieder auf ihren ursprünglichen Umfang zurück. Dies zeigt uns deutlich die wunderbare Eigenschaft der Luft, welche man Elasticität nennt. Vermöge derselben ist sie in so hohem Grade befähigt, sich zusammendrücken zu lassen und sich auszudehnen, und gerade hierdurch ist sie ganz besonders zu ihrer wichtigen Rolle im Haushalte der Natur geeignet.

Wir gelangen nunmehr zu einem anderen und zwar sehr wichtigen Theil unseres Thema. Erinnern wir uns, was wir bereits an unserer brennenden Kerze erforscht haben. Wir sahen, daß sie beim Brennen ver-

schiedene Stoffe entstehen läßt, und fanden Kohle in Gestalt von Ruß, Wasser und etwas anderes, was wir noch nicht untersucht haben. Das Wasser fingen wir auf, die übrigen Verbrennungsproducte ließen wir bisher ungehindert in die Luft entweichen. Diese nun müssen wir jetzt unserer Forschung unterwerfen.

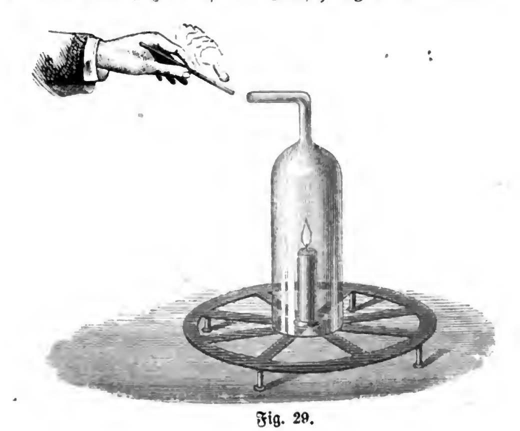


Fig. 29.

Hier habe ich eine Vorrichtung, die uns bei unserer Untersuchung die nöthigen Dienste leisten wird. Unsere Kerze setzen wir mitten auf diesen Steg und darüber diesen gläsernen Schornstein — so! Die Kerze wird ganz hübsch weiter brennen; denn die Luft hat ja unten und oben ungehinderten Durchgang. Zunächst seht Ihr wieder die uns schon bekannte Erscheinung, daß die Wandung des Glases feucht wird — es ist

das Wasser, zu welchem sich der in der Kerzenflamme entwickelte Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft verbindet; außerdem aber steigt noch etwas Anderes oben heraus: das ist keine Feuchtigkeit, kein Wasser, es ist nicht verdichtbar; und es hat zudem sehr merkwürdige Eigenschaften. Ich will eine Flamme an die Oeffnung des Schornsteins halten, und Ihr könnt sehen, daß sie von der austretenden Luft fast verlöscht wird, und wenn ich sie vollständig dem Strom aussetze, seht — da geht sie ganz und gar aus. Ihr werdet sagen: das ist so, wie es sein muß; und ich vermuthe, Ihr denkt Euch, es müsse so sein, weil von der Luft, welche zur Verbrennung gedient hat, nur Stickstoff übrig bleibt und Stickstoff die Verbrennung nicht unterhält, also den Span auslöschen muß. Gut; aber sollte nicht noch etwas Anderes als Stickstoff vorhanden sein? Hier muß ich freilich etwas vorgreifen — das heißt, ich muß Euch aus meinen weiteren Kenntnissen die Mittel darbieten, mit deren Hilfe Aufgaben wie die vorliegende gelöst, und dergleichen Gase, wie wir hier haben, untersucht werden können. Also — ich nehme eine leere Flasche, wie diese hier, halte sie verkehrt über unsern Schornstein und fange die Verbrennungsproducte der Kerze darin auf; und wir werden uns bald überzeugen, daß die aufgefangene Luftart nicht nur der Verbrennung sehr ungünstig ist — seht, wie mein Wachsstock darin sogleich verlöscht — sondern daß sie noch ganz andere Eigenschaften besitzt.

Ich nehme hier ein wenig ungelöschten Kalk und gieße etwas gewöhnliches Wasser darauf, rühre ein paarmal um, bringe nun die Mischung auf dieses Papierfilter in dem Trichter, und nicht lange dauert's, so läuft davon ein ganz klares Wasser in das unterstehende Fläschchen ab, wie Ihr's da seht. Ich habe zwar dort eine ganze Flasche von diesem Wasser — Kalkwasser — vorräthig stehen, das ich ebenso gut benutzen könnte; aber Ihr wißt ja, ich habe eine Vorliebe dafür, meine Untersuchungen mit Dingen anzustellen, die vor Euren Augen entstanden sind. Von diesem schön klaren Kalkwasser nun gieße ich ein wenig in die Flasche, in der wir die Luft von unserer Kerze aufgefangen haben, und nun seht, welche Veränderung darin vorgeht! Seht Ihr, wie das Kalkwasser ganz milchig geworden ist? Paßt auf, ich werde Euch zeigen, daß das mit bloßer Luft nicht geschieht. Hier ist eine Flasche, in der sich, wie Ihr seht, weiter nichts als atmosphärische Luft befindet; ich gieße etwas Kalkwasser hinein und schüttle tüchtig um — es bleibt ganz klar; weder der Sauerstoff, noch der Stickstoff der Luft, noch was sonst in dieser Menge Luft enthalten sein mag, bringt jene Veränderung in dem Kalkwasser hervor. Dieselbe Flasche mit demselben Kalkwasser halte ich nun aber so an den Schornstein, daß die Verbrennungsgase der Kerze hineinstreichen und mit dem Kalkwasser in Berührung kommen können — seht, es dauert gar nicht lange, so ist's milchig geworden. Diese weiße Sub-

stanz nun kann sich aus nichts Anderem gebildet haben, als aus dem zum Kalkwasser verwendeten Kalk und etwas anderem, was von der Kerze kommt — jenem zweiten Verbrennungsproduct, dessen Natur wir eben zu erforschen bemüht sind und von welchem ich heute zu Euch sprechen will. Bis jetzt also wissen wir von seinem Vorhandensein nur durch seine Wirkung auf das Kalkwasser, die für uns ganz neu war und die, wie wir gesehen haben, weder dem Sauerstoff, noch dem Stickstoff, noch auch dem Wasser zuzuschreiben ist. Dieses weiße Pulver, welches aus Kalkwasser und den Verbrennungsgasen der Kerze entsteht, hat anscheinend ganz die Eigenschaften der Kreide; und wenn man es näher untersucht, so findet man, daß es wirklich genau derselbe Stoff ist wie die Kreide. So sind wir denn in unserm Bestreben, den Vorgang bei einer so alltäglichen Erscheinung wie das Brennen einer Kerze kennen zu lernen, ganz unversehens Zeuge davon geworden, wie Kreide entsteht und haben durch sorgfältige Beobachtung aller Umstände bei unserem Experiment die Bedingungen ihrer Entstehung kennen gelernt. Wenn man Kreide (am besten ein wenig feucht) stark erhitzt, so verwandelt sie sich in gebrannten Kalk; es muß also der andere Bestandtheil, den sie außer dem Kalk enthält, dabei entweichen, und in der That ist dieses der Fall. Beim Brennen von Kreide oder Kalk entweicht dasselbe Gas, welches bei der Verbrennung einer Kerze entsteht und durch seine Verbindung mit dem Kalk wiederum Kreide giebt.

Um dieses Gas, welches wir **Kohlensäure** nennen, in größerer Menge darzustellen, und seine Eigenschaften näher kennen zu lernen, bedienen wir uns freilich eines bequemeren Verfahrens. Die Kohlensäure findet sich in großer Menge in der Natur und zwar in vielen Fällen, wo Ihr sie am wenigsten suchen würdet. Aller Kalkstein besteht zum großen Theil aus demselben Gas, wie wir es hier aus der Kerze haben sich entwickeln sehen; alle Kalk- und Kreidegebirge, alle Muschelschalen, Korallen und dergl. enthalten große Mengen Kohlensäure. Wir finden diese merkwürdige Luftart in so festen Gesteinsarten wie Marmor und Kalk mit fest geworden, sie hat ihre luftige Natur darin aufgegeben und völlig die Eigenschaften eines festen Körpers angenommen — deshalb hat sie **Black** auch „fixe Luft“ genannt.

Aus dem Marmor können wir die Kohlensäure ganz leicht darstellen. In dem Gefäß hier habe ich etwas Salzsäure, und darüber steht, wie Euch mein Wachslicht anzeigt, nichts als atmosphärische Luft; seht, ich gehe mit dem Licht bis auf den Grund hinab — das Gefäß enthält über der Salzsäure nichts als Luft. Hier habe ich Marmor, und zwar von der schönsten und feinsten Sorte, wovon ich nun etliche Stückchen in das Gefäß bringe — sofort entsteht anscheinend ein gewaltiges Aufkochen. Aber was da aufsteigt, ist nicht etwa Wasserdampf, sondern ein Gas, das auf mein hineingehaltenes Wachslicht, wie Ihr seht, genau die-

selbe Einwirkung ausübt, wie vorher die aus dem Schornstein über unsrer Kerze entweichende Luft — die Flamme verlöscht, und wir haben hier wie dort genau dieselbe Erscheinung, bewirkt durch ein und dasselbe Gas, durch die Kohlensäure. Auf diese Weise können wir Kohlensäure in großer Masse darstellen; seht — jetzt schon ist das Gefäß bis obenan damit gefüllt. (Dies wird dadurch bewiesen, daß der brennende Span verlöscht, sobald er nur eben in das Gefäß eingetaucht wird.)

Das Gas ist aber keineswegs nur im Marmor enthalten. In dieses Gefäß da habe ich etwas gewöhnliche Schlemmkreide gethan — also Kreide, die durch Auswaschen mit Wasser von groben Theilchen befreit ist, wodurch sie zu Stuckatur- und dergleichen Arbeiten brauchbarer wird. In dem großen Gefäß befindet sich Schlemmkreide mit Wasser, und in diesem hier habe ich concentrirte Schwefelsäure, die zu dem Experiment, das wir jetzt vorhaben, geeignet ist; nur mit Schwefelsäure nämlich bildet der Kalk beim Freiwerden der Kohlensäure wieder einen unlöslichen Körper, während die Salzsäure, wie Ihr vorhin gesehen, eine lösliche Substanz liefert, die das Wasser gar nicht trübt. Ihr werdet gleich sehen, warum ich meine Vorrichtung zu dem beabsichtigten Experiment in dieser Weise treffe — nämlich, damit Ihr im Kleinen leicht nachmachen könnt, was ich Euch hier in großem Maßstab zeigen werde. Wir haben hier wieder ganz denselben Prozeß, wie bei der Einwirkung von Salzsäure auf Marmor;

ich entwickle in dem großen Gefäß hier die Kohlensäure, und sie zeigt sich gegen alle Prüfungsmittel als ganz dasselbe Gas, welches wir bei Verbrennung der Kerze in freier Luft erhielten. So verschieden auch diese beiden Methoden der Darstellung erscheinen mögen — das Ergebniß ist ganz dasselbe, hier wie dort wird ein und dieselbe Kohlensäure gewonnen.

Gehen wir indeß zu weiteren Versuchen mit unserem Gas über, um seine Natur näher kennen zu lernen. (Einige Cylinder sind inzwischen über Wasser mit dem Gase gefüllt worden.) Hier habe ich ein Gefäß voll Kohlensäure, und wie wir's bei den früher untersuchten Gasarten gethan, so will ich auch bei ihr zunächst fragen, wie sie sich in Bezug auf die Verbrennung verhält. Brennbar, seht Ihr, ist sie nicht, und ebensowenig unterhält sie die Verbrennung. (Ein brennender Wachsstock, der in das Gas getaucht wird, verlöscht, und das Gas bleibt unentzündet.) Sehr löslich im Wasser kann sie auch nicht sein; denn wir haben sie ja dort ganz leicht über Wasser aufgefangen. Ferner haben wir schon gesehen, wie sie auf Kalkwasser einwirkt, wie sie damit Kreide bildet; sie wird ein Bestandtheil dieser Kreide, welche man eben wegen ihrer Zusammensetzung aus Kohlensäure und Kalk — ebenso wie Marmor, Kalkstein, Korallen ꝛc. — auch als kohlensauren Kalk bezeichnet.

Zunächst aber muß ich Euch nun zeigen, daß sie sich doch in geringer Menge in Wasser löst, in dieser

Beziehung also sich von Sauerstoff und von Wasserstoff unterscheidet. Hier habe ich einen Apparat, mit dessen Hilfe wir die Lösung bewerkstelligen können. Im unteren Theil des Apparats befindet sich der Marmor und die Säure, im oberen kaltes Wasser, und wie Ihr seht, sind beide so mit einander verbunden, daß das entwickelte Gas aus dem einen in den andern gelangen kann; setze ich ihn nun in Thätigkeit, so seht Ihr sofort das Gas in Blasen durch das Wasser hindurchstreichen; das geschah schon vorher eine Zeit lang, und wir werden jetzt finden, daß sich etwas davon im Wasser aufgelöst hat. Ich nehme etwas Wasser heraus und koste es — es schmeckt säuerlich, es ist mit Kohlensäure gesättigt; aber Ihr wißt, wie wir die Gegenwart von Kohlensäure chemisch nachweisen, Ihr wißt, daß Kalkwasser ein sicheres Erkennungsmittel für Kohlensäure ist — ich will also etwas hinzusetzen, und seht, sofort wird es trüb und weiß.

Ferner habe ich von der Kohlensäure zu berichten, daß sie ein schweres Gas ist, schwerer als die atmosphärische Luft. Zur Vergleichung schreibe ich die Gewichte aller bisher von uns untersuchten Gase hier auf:

1 Kubikmeter		wiegt
Wasserstoff	89	Gramm
Sauerstoff	1430	„
Stickstoff	1256	„
Atmosphärische Luft . . .	1293	„
Kohlensäure	1977	„

Also ein Kubikmeter Kohlensäure wiegt fast zwei Kilogramm. Diese Schwere des Gases kann durch viele Experimente ersichtlich gemacht werden. Hier nehme ich z. B. ein Glas, das nichts als Luft enthält, und versuche aus dem da, das voll Kohlensäure ist, etwas hineinzugießen; ich bin nun begierig, ob etwas hineingeflossen ist oder nicht. Durch den Augenschein ist das nicht zu erkennen, wohl aber am Brennen meines Wachsstockes darin. Seht, da habt Ihr's: die Flamme verlöscht, sobald ich das Gas in das tiefere Gefäß hineingieße. Noch deutlicher würde ich die Kohlensäure hier wiederum durch ihre Wirkung auf Kalkwasser nachweisen, die Ihr nun schon so oft gesehen habt. Jetzt werde ich einmal den kleinen Eimer da in unsern Kohlensäure-Brunnen hinablassen — leider haben wir nur zu oft wirkliche Kohlensäurebrunnen — und wenn Kohlensäure da unten ist, muß er sich damit füllen, als ob es Wasser wäre; wir ziehen ihn wieder herauf, prüfen seinen Inhalt mit unserm Wachsstock, und da sehen wir's — er ist voll Kohlensäure.

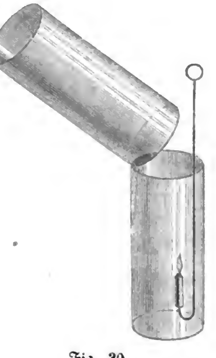


Fig. 30.

Noch augenfälliger zeigt sich die Schwere der Kohlensäure an folgendem Experiment auf meiner Wage. Auf die eine Wageschale habe ich ein Glas gestellt und durch

Gewichte auf der andern Seite die Wage wieder ins Gleichgewicht gebracht. Ich gieße nun dieses mit Kohlensäure gefüllte Glas in das Gefäß auf der Wage aus, das erst nur atmosphärische Luft enthielt, und Ihr seht, wie es sofort niedersinkt. Auch jetzt will ich die Untersuchung mit meinem brennenden Wachsstock nicht unterlassen — wir sehen, wie ihm das Fortbrennen in dem Gefäß auf der Wage unmöglich wird, wissen also, daß sich wirklich Kohlensäure darin befindet.

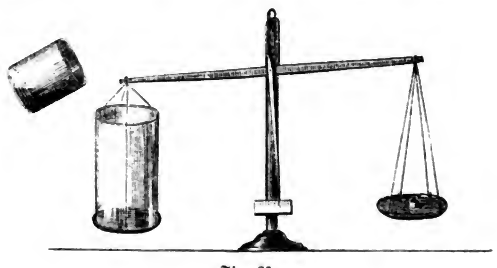


Fig. 31.

Blase ich eine Seifenblase, natürlich mit gewöhnlicher Luft, und lasse sie in dieses Gefäß mit Kohlensäure fallen, so wird sie schwimmen. Aber ich will zuerst einen dieser kleinen, mit Luft gefüllten Ballons nehmen. Ich bringe ihn in dieses, zum Theil mit Kohlensäure gefüllte Gefäß. Er schwimmt auf der Kohlensäure, und wir können daran die Höhe erkennen, bis zu welcher sie das Gefäß erfüllt. Gieße ich noch mehr Kohlensäure hinein, so wird der Ballon gehoben.

Jetzt ist das Gefäß nahezu voll davon; und nun will ich sehen, ob ich eine Seifenblase darauf blasen und sie in derselben Weise schwimmen lassen kann. [Der Vortragende bläst eine Seifenblase, läßt sie in das Gefäß mit Kohlensäure fallen, und sie schwimmt richtig mitten darin.] Sie schwimmt wie vorher der Ballon, weil die Kohlensäure schwerer ist als die Luft.

Wir haben nun die Kohlensäure kennen gelernt, sowohl hinsichtlich ihrer Bildung aus der Kerze oder dem Marmor, als in ihren wichtigsten physikalischen Eigenschaften, besonders in ihrer Schwere; und bei unsrer nächsten Zusammenkunft denke ich Euch zu zeigen, wie sie zusammengesetzt ist, d. h. aus welchen Elementen sie besteht.

Sechste Vorlesung.

Chemische Zusammensetzung der Kohlensäure. Ihre Bildung durch Verbrennung von Kohlenstoff. Mengenverhältniß der Bestandtheile. Zerlegung der Kohlensäure in ihre Elemente. Bildung von Kohlensäure durch Verbrennung des Holzes und des Leuchtgases. Feste und gasförmige Verbrennungsproducte der Körper. — Der Athmungsprozeß. Kohlenstoffgehalt der Nahrungsmittel. Die Körperwärme. Wechselwirkung zwischen der Thier- und Pflanzenwelt. — Einfluß der Temperatur auf den Eintritt chemischer Prozesse.

Eine Dame, welche diese Vorträge mit ihrer Gegenwart beehrt, hat mich noch weiter durch Uebersendung dieser beiden Kerzen zu Dank verpflichtet. Sie stammen aus Japan und sind vermuthlich aus jenem Material verfertigt, das ich Euch schon in der ersten Vorlesung zeigte, dem sogenannten Japanischen Wachs. Ihr seht, sie sind noch viel zierlicher gestaltet und ausgeschmückt als jene französischen Kerzen, die ich ebenfalls damals vorwies, und ihrem ganzen äußeren Aussehen nach möchte man sie wahre Luxuskerzen nennen. Außerdem aber zeigen sie eine merkwürdige Eigenthümlichkeit, nämlich einen hohlen Docht — jene vorzügliche Verbesserung

also, welche Argand an der Lampe einführte und durch welche er ihren Werth so bedeutend erhöhte. Wer schon öfter Sendungen aus dem fernen Osten erhielt, wird wohl bemerkt haben, daß solche Gegenstände auf dem langen Transport ein mattes, unscheinbares Aussehen bekommen haben; es ist aber ganz leicht, ihnen die ursprüngliche Schönheit und das frische Aeußere wiederzugeben; man braucht sie zu diesem Zweck nur mit einem reinen seidenen Tuch gut abzureiben, also die Unebenheiten und Rauhigkeiten ihrer Oberfläche gleichsam zu poliren. Eine dieser beiden Kerzen habe ich so behandelt und Ihr werdet den Unterschied von der andern, nicht polirten bemerken, die ich natürlich ebenso auffrischen könnte. Außerdem ist an diesen japanischen Kerzen noch die Eigenthümlichkeit hervorzuheben, daß sie viel mehr kegelförmig gegossen sind, als es bei uns üblich ist.

In meinem letzten Vortrag habe ich Euch bereits viel von der Kohlensäure erzählt. Ich habe Euch besonders ihre Reaction auf Kalkwasser vorgeführt, dessen Bereitung ich Euch zeigte, so daß Ihr es selbst machen könnt; und Ihr erinnert Euch, wie die in einer Flasche aufgefangene Luft aus unserer Kerze in dem Kalkwasser einen weißen Niederschlag hervorbrachte, daß ferner dieser Niederschlag aus demselben Kalk bestand, der sich in den Muscheln, Korallen, wie in vielen Gebirgsarten und Mineralien findet. Von ihrer eigentlichen chemischen Natur indeß habe ich noch nicht ausführlich und ein-

gehend genug gesprochen, und ich muß deshalb dieses Thema heute wieder aufnehmen.

Wie wir bei Untersuchung der Verbrennungsproducte unserer Kerze bereits das aufgefundene Wasser in seine Elemente zerlegten, so müssen wir jetzt auch die aus der Kerze entwickelte Kohlensäure auf ihre Bestandtheile prüfen, und einige Experimente werden uns auch hier zum Ziele führen.

Ihr erinnert Euch, daß eine schlecht brennende Kerze Ruß entwickelt, während bei einer gut brennenden davon nichts zu sehen ist; Ihr wißt aber auch, daß die Helligkeit der Kerzenflamme gerade diesem Ruße zu verdanken ist, welcher zunächst ins Glühen kommt und schließlich verbrennt. Hier habe ich ein Experiment vorbereitet, an dem es sich recht deutlich zeigt, wie hellleuchtend die Flamme wird, wenn alle Kohlentheilchen innerhalb derselben zum Erglühen und Verbrennen gelangen, so daß dabei durchaus nichts von schwarzen Flöckchen zu sehen ist. Ich entzünde einen ungemein lebhaft brennenden Stoff, Terpentinöl nämlich, mit dem dieser Schwamm getränkt ist. Seht den aufsteigenden Ruß, wie er massenhaft in der Luft herumfliegt! Und nun denkt daran, daß ich Euch sagte: von solchem Ruß, solcher Kohle, entsteht die Kohlensäure, wie wir sie aus der Kerze erhielten. Das nun will ich Euch jetzt beweisen. Ich bringe den Schwamm mit dem brennenden Terpentinöl in ein Glas voll Sauerstoff, und da seht Ihr denn, wie prächtig jetzt die Flamme leuchtet und daß

aller Ruß vollständig verzehrt wird. Dies ist aber erst die eine Hälfte unseres Experiments. Was folgt nun?

Die Kohle, welche Ihr soeben aus der Terpentinflamme in die Luft fliegen saht, ist also völlig im Sauerstoff verbrannt, und wir werden finden, daß wir bei diesem raschen ungestümen Vorgange ganz genau dasselbe Ergebniß erlangten, welches uns die ruhige Verbrennung unserer Kerze lieferte. (In die Flasche, in welcher das Terpentinöl mit Sauerstoff verbrannte, wird Kalkwasser gegossen, welches beim Umschütteln stark getrübt wird.) Ich habe Euch dieses Experiment gezeigt, obwohl sein Erfolg eigentlich vorauszusehen war, damit Euch der Gang unserer Untersuchungen bei jedem Schritt so klar und deutlich werde, daß Ihr keinen Augenblick den Faden verlieren könnt, wenn Ihr nur recht Achtung gebt.

Alle Kohle also, die in der Luft oder in reinem Sauerstoff verbrennt, tritt als Kohlensäure aus der Flamme heraus; in den Theilchen dagegen, welche nicht so verbrannt sind, stellt sich Euch der zweite Bestandtheil der Kohlensäure dar, nämlich Kohle, jener Körper, welcher die Flamme so hell machte, als sie genug Sauerstoff zum Verbrennen erhielt, welcher aber theilweise ausgeschieden wurde, als nicht genug Sauerstoff vorhanden war, um ihn zu verbrennen.

Um Euch nun diese Vereinigung der Kohle und des Sauerstoffs zu Kohlensäure noch verständlicher zu machen, wozu Ihr jetzt schon viel besser befähigt seid als früher, habe ich hier einige Experimente vorbereitet.

Dieses Gefäß hier ist mit Sauerstoff gefüllt, und hier ist etwas Kohle, die ich in einem Schmelztiegel zunächst rothglühend mache. Ich will gleich voraus bemerken, daß ich Euch diesmal ein etwas unvollkommenes Resultat zu bieten wage; aber es geschieht gerade um das Experiment deutlicher zu machen. Ich bringe jetzt Sauerstoff und Kohle zusammen. Daß dies Kohle, gewöhnliche pulverisirte Holzkohle ist, könnt Ihr an der Art sehen, wie sie an der Luft brennt. [Indem er etwas von der rothglühenden Holzkohle aus dem Tigel herausfallen läßt.] Nun werde ich sie aber in Sauerstoff verbrennen; achtet auf den Unterschied! In der Entfernung mag es Euch vielleicht scheinen, als ob sie mit einer Flamme brenne; dem ist aber nicht so. Jedes einzelne Stückchen Kohle brennt als ein Funke, und indem es so brennt, bildet es Kohlensäure. Ich wünschte diese paar Experimente besonders auch deshalb anzustellen, weil sie das recht deutlich vor Augen führen, worauf ich später näher eingehen werde, nämlich: daß Kohle eben in dieser Weise brennt und nicht mit einer Flamme.

Statt aber so viele einzelne Kohlenstäubchen zu verbrennen, will ich nun lieber ein größeres Stück Kohle benutzen, dessen Gestalt und Umfang Ihr während des Brennens deutlich unterscheiden könnt. Ihr werdet dann auch den ganzen Vorgang besser beobachten. Hier ist das Gefäß mit Sauerstoff, und hier ist ein Stück Kohle, an das ich einen Holzspan befestigt habe; diesen kann ich anzünden und so die Verbrennung ein=

leiten, welche sich sonst nur schwierig bewerkstelligen ließe. Da seht Ihr nun die Kohle brennen, aber nicht mit einer Flamme (oder wenn Ihr doch ein Flämmchen bemerkt, so ist es jedenfalls nur ein ganz kleines; es rührt davon her, daß bei der Verbrennung sich vorübergehend eine eigene Substanz, sogenanntes Kohlenoxyd an der Oberfläche der Kohle bildet). Die Verbrennung geht diesmal langsam vor sich, wie Ihr seht, und nach und nach entwickelt sich Kohlensäure durch die Verbindung der Kohle mit dem Sauerstoff. Hier habe ich ein anderes Stück Kohle, und zwar Borkenkohle, welches die Eigenthümlichkeit besitzt, beim Brennen in Stücke zu zerspringen, zu explodiren. Durch die Hitze wird dieser Kohlenklumpen in einzelne Theilchen zerplatzen, die in die Luft fliegen; indeß brennt jedes Theilchen ebenso wie die ganze Masse in dieser eigenthümlichen Art — es brennt wie eben Kohle brennt, ohne Flamme. Ihr bemerkt, daß eine Menge einzelner kleiner Verbrennungen vor sich gehen, seht aber keine Flammen. Ich kenne kein schöneres Experiment als dieses, um zu zeigen, daß die Kohle nur glimmend brennt.

Hier also sehen wir Kohlensäure aus ihren Elementen entstehen. Wenn wir sie mit Kalkwasser prüfen, so werdet Ihr sehen, daß wir ganz denselben Körper erhalten, den ich Euch bereits früher beschrieben habe. Wenn sich 6 Gewichtstheile Kohle (mag sie von der Flamme einer Kerze oder von pulverisirter Holzkohle herstammen) und 16 Gewichtstheile Sauer-

stoff verbinden, so erhalten wir 22 Theile Kohlensäure; und 22 Theile Kohlensäure geben mit 28 Theilen Kalk 50 Theile kohlensauren Kalk. Wenn Ihr Austerschalen untersucht und ihre Bestandtheile wägt, so werdet Ihr finden, daß je 50 Theile davon 6 Theile Kohle und 16 Theile Sauerstoff verbunden mit 28 Theilen Kalk enthalten. Indessen will ich Euch nicht mit solchen Einzelheiten behelligen; wir wollen uns vielmehr an die Natur unseres Gegenstandes im Allgemeinen halten. Seht, wie die Kohle nach und nach schwindet [der Vortragende zeigt auf das Stück Kohle, das in dem Gefäß mit Sauerstoff ruhig fortbrennt]. Ihr mögt sagen, daß sich die Kohle in der umgebenden Luft auflöst; und wenn das ganz reine Kohle wäre (die wir übrigens leicht herstellen könnten), so würde auch gar kein Rückstand übrig bleiben; vollkommen reine Kohle läßt keine Asche zurück.

Die Kohle ist ein fester Körper, dessen Festigkeit durch Hitze allein nicht aufgehoben werden kann; aber beim Verbrennen geht sie in ein Gas über, welches sich unter gewöhnlichen Umständen nicht zu einem festen oder flüssigen Körper verdichten läßt. Und noch wunderbarer mag der Umstand erscheinen, daß durch diese Aufnahme der Kohle der Sauerstoff durchaus nichts an seinem Rauminhalt ändert: er verwandelt sich in Kohlensäure, und diese nimmt genau denselben Raum ein, wie der Sauerstoff, welcher zu ihrer Bildung erforderlich war.

Ich muß Euch indeß noch ein anderes Experiment zeigen, um Euch hinreichend mit der Natur der Kohlen=

säure bekannt zu machen. Da sie ein zusammengesetzter Körper ist, indem sie aus Kohle und Sauerstoff besteht, so müssen wir auch im Stande sein, sie in ihre Bestandtheile zu zerlegen; und das können wir auch in der That bei ihr so gut wie beim Wasser. Der einfachste und kürzeste Weg ist der, einen Körper auf die Kohlensäure einwirken zu lassen, welcher den Sauerstoff aus ihr an sich zieht und die Kohle zurückläßt. Ihr erinnert Euch, wie ich Kalium auf Wasser oder Eis legte, und Ihr saht, daß es im Stande war, den Sauerstoff vom Wasserstoff zu trennen. Nun, versuchen wir einmal dasselbe bei der Kohlensäure. Ihr wißt, die Kohlensäure ist ein schweres Gas; ich will sie nicht mit Kalkwasser prüfen, weil sich das mit den folgenden Experimenten nicht vertragen würde, und ich denke, die Schwere des Gases und seine Kraft, Flammen auszulöschen, wird Euch seine Gegenwart hinlänglich beweisen. Ich bringe eine Flamme in das Gas, und Ihr seht, das Licht geht aus. Vielleicht möchte das Gas sogar Phosphor auslöschen, von dem Ihr doch wißt, daß er sehr heftig brennt. Hier ist ein Stückchen Phosphor, das ich stark erhitzte. Ich bringe es in das Gas, und Ihr seht, es löscht aus, wird aber in der Luft wieder Feuer fangen und von neuem weiter brennen. Das Kalium nun ist im Stande, schon bei gewöhnlicher Temperatur auf die Kohlensäure zu wirken, freilich nicht so kräftig, wie es unser augenblicklicher Zweck erfordert, da sich bald eine um-

hüllende Schicht darüber bildet, welche das Fortschreiten des Prozesses erschwert. Wenn wir es aber so erwärmen, daß es in der Luft brennt, wozu wir ja das volle Recht haben und wie wir's auch mit dem Phosphor thaten, so werdet Ihr sehen, daß es auch in Kohlensäure brennen kann; und wenn es brennt, so thut es dies eben, weil es sich mit dem Sauerstoff der Kohlensäure verbindet, so daß Ihr dann sehen werdet, was dabei zurückbleibt. Ich werde also dieses heißgemachte Kalium in der Kohlensäure verbrennen, um das Vorhandensein des Sauerstoffs in der Kohlensäure nachzuweisen. [Beim Erhitzen explodirt das Kalium.] Es kommt öfter vor, daß ein schlechtes Stückchen Kalium beim Brennen explodirt oder sich auf irgend eine Weise ungeeignet zeigt. Ich muß also ein anderes Stück nehmen; nun, nachdem es erhitzt ist, bringe ich es in das Gefäß, und Ihr seht, daß es in der Kohlensäure brennt — nicht so gut wie in der Luft, weil die Kohlensäure den Sauerstoff ziemlich festhält; aber es brennt doch weiter und nimmt den Sauerstoff fort. Wenn ich dieses Kalium nun in Wasser bringe, so finde ich, daß (außer Potasche, um die Ihr Euch jetzt nicht zu kümmern braucht) etwas Kohle gebildet ist. Ich habe hier das Experiment nur auf rohe Art ausführen können; aber ich versichere Euch, daß, wenn ich es sorgfältig machen und statt fünf Minuten einen Tag darauf verwenden könnte, wir eine gehörige Menge Kohle in dem Löffel oder an der Stelle, wo das Kalium

verbrannte, erhalten würden, so daß über das Ergebniß unseres Experimentes kein Zweifel obwalten könnte. Da seht Ihr also die Kohle in ihrem gewöhnlichen schwarzen Zustande aus der Kohlensäure abgeschieden, als sprechenden Beweis, daß diese aus Kohle und Sauerstoff besteht. Und nun brauche ich Euch wohl kaum zu sagen, daß, wo auch immer Kohle unter gewöhnlichen Umständen, d. h. bei gehörigem Luftzutritt verbrennen mag, immer Kohlensäure gebildet wird.

In der Flasche hier ist etwas Kalkwasser und sonst nichts als atmosphärische Luft; bringe ich dahinein einen Holzspan, so mag ich diese drei Dinge mit einander umschütteln, wie ich will, das Wasser wird stets so klar bleiben, wie Ihr es jetzt seht. Verbrenne ich nun aber den Holzspan in der Flasche, wie ich es jetzt thue, also in der über dem Kalkwasser befindlichen Luft — daß Wasser dabei gebildet wird, wißt Ihr schon — bekomme ich da vielleicht auch Kohlensäure? Nun, da seht: da schlägt sich schon kohlensaurer Kalk nieder, welcher sich nur aus Kohlensäure bilden kann; die Kohlensäure muß also aus der Kohle entstanden sein, welche aus dem Holze stammt, wie in anderen Fällen aus der Kerze oder irgend einem brennenden Körper. Ihr selbst habt schon oft genug ein sehr einfaches Experiment ausgeführt, durch welches Ihr die Kohle im Holze zu sehen bekamt; wenn Ihr ein Stückchen Holz anzündet, es theilweise verbrennen laßt und es dann ausblaset, so erhaltet Ihr Kohle, welche zurückbleibt.

Nicht alle kohlehaltigen Körper indeß zeigen ihren Gehalt an Kohle so leicht; eine Kerze z. B. thut das nicht, von der wir doch recht gut wissen, daß sie Kohle enthält. Auch im Leuchtgas, das beim Verbrennen sehr viel Kohlensäure entwickelt, seht Ihr nichts von der Kohle; aber ich kann sie Euch ganz leicht sichtbar machen. Hier habe ich eine Flasche voll Leuchtgas; ich zünde es an, und die Verbrennung wird andauern, so lange noch etwas Gas in dem Gefäß ist. Die Kohle freilich seht Ihr jetzt nicht, sondern nur die Flamme; aber schon aus deren hellerem Leuchten werdet Ihr nach den früher gewonnenen Erfahrungen vermuthen, daß feste Kohlentheilchen darin zum Erglühen und Verbrennen gelangen. Indeß will ich Euch die Kohle mit Hülfe eines anderen Prozesses wirklich mit Augen schauen lassen. In einer anderen Flasche — in dieser hier — habe ich etwas von demselben Leuchtgas mit einem Körper vermischt, der blos den Wasserstoff des Gases verbrennen wird, nicht aber die Kohle.*) Ich will diese Mischung nun mit meinem Wachslicht anzünden, und da habt Ihr's: der Wasserstoff wird verbrannt, die Kohle aber bleibt als ein dichter schwarzer Rauch zurück. Ich denke, durch diese Experimente habt Ihr die Gegenwart von Kohle in einer Flamme erkennen gelernt und zugleich begriffen, welcher Art die Verbrennungsproducte sind, wenn Leuchtgas oder andere

*) Dieser Körper ist das Chlor, ein Element, welches große Neigung besitzt, sich mit Wasserstoff zu verbinden.

kohlehaltige Körper in freier Luft vollständig verbrannt werden.

Bevor wir indessen die Kohle verlassen, wollen wir noch ein paar Versuche anstellen, durch welche wir noch weitere Einblicke in ihr wunderbares Verhalten bei der gewöhnlichen Verbrennung erhalten werden. Ich habe Euch gezeigt, daß die Kohle beim Verbrennen nur verglimmt, wie feste Körper es immer thun; dabei bemerktet Ihr jedoch, daß sie nach dem Verbrennen nicht als fester Körper zurückbleibt. Es giebt nur sehr wenige Brennstoffe, die sich in dieser Hinsicht ebenso verhalten. Eigentlich thut dies nur jene große Gruppe unserer gewöhnlichen Brennstoffe: die kohlenartigen Substanzen, die Steinkohlen, die Holzkohlen und die Hölzer. Ich kenne außer der Kohle keinen Stoff, welcher bei der Verbrennung dasselbe Verhalten zeigt; und wenn dem nicht so wäre, was würde uns zustoßen? Wenn alle Brennstoffe sich so wie das Eisen verhielten, welches ja bei der Verbrennung einen festen Körper giebt, — wie könnten wir dann in unseren Oefen eine solche Verbrennung haben, wie wir sie gewohnt sind? — Hier in dem Glasrohr ist noch eine andere Art Brennstoff, ein sehr leicht brennender Körper, so leicht entzündlich, daß er an der Luft von selbst Feuer fängt, wie Ihr seht [indem er das Rohr zerbricht]. Das ist schwarzer Blei-Pyrophor, und Ihr seht, wie wunderschön er brennt.*)

*) Einen solchen Pyrophor kann man auf mannigfache Art erhalten, z. B. indem man citronensaures Blei in einem ge-

Er ist pulverförmig, so daß die Luft wie bei einem Haufen Kohlen im Ofen von allen Seiten hinzutreten kann, und so brennt er nun. Aber warum brennt die Substanz nicht ebenso fort, wenn sie in einer Masse zusammenliegt? [Er schüttet den übrigen Inhalt der Röhre auf eine eiserne Platte zu einem Haufen aus.] Einfach genug, weil die Luft nicht allseitig dazutreten kann. Auch entwickelt sich dabei große Hitze, so groß, wie wir sie in unseren Oefen und unter unseren Kesseln gebrauchen; aber der durch die Verbrennung gebildete Körper ist nicht flüchtig, kann nicht in die Luft entweichen, sondern haftet als Decke über der übrigen Masse, so daß diese nicht mit neuer Luft in Berührung kommen kann, also unverbrannt unter der Decke liegen bleiben muß. Worin unterscheidet sich dieses Brennen von dem der Kohle? Die Kohle brennt zunächst ganz in derselben Weise wie dieser Körper; aber sie unterhält auch ein kräftiges Feuer auf dem Herd oder wo wir sie sonst brennen mögen, weil eben die Kohlensäure, die durch die Verbrennung erzeugt wird, als Gas in die Luft entweicht, so daß fort und fort reine Kohle dem Zutritt frischer Luft blosgelegt wird. Ich habe Euch auch gezeigt, daß die Kohle beim

---

schlossenen Gefäße glüht. Das Blei bleibt dann in einem sehr feinvertheilten Zustande zurück, gemischt mit Kohle, welche aus der Citronensäure stammt. Sobald die Luft mit der schwammigen Masse in Berührung kommt, entzündet sie sich, wobei die Kohle zu Kohlensäure, das Blei zu Bleioxyd verbrennt.

Verbrennen in Sauerstoff keine Asche zurückläßt; aber hier bei unserem Häufchen Blei-Pyrophor haben wir augenblicklich mehr Asche als Brennstoff; denn er ist durch den Sauerstoff, der sich mit ihm verbunden hat, schwerer geworden. Da seht Ihr denn, worin der große Unterschied zwischen dem Verbrennen der Kohle und dem des Bleis oder Eisens besteht, und warum wir das Eisen so gut bei den mannigfachen Einrichtungen zur Feuerung, zum Leuchten oder zum Heizen verwenden können. Das Eisen überzieht sich sehr bald mit einer dünnen Kruste seines Verbrennungsproductes, welche es dann vor dem Zutritte der Luft schützt und macht, daß seine Verbrennung nur langsam fortschreitet.

Wenn die Kohle beim Verbrennen sich zuerst verflüchtigte und dann als Verbrennungsproduct einen festen Körper bildete, so würde unser Zimmer bald mit einer undurchsichtigen Substanz angefüllt sein, ähnlich wie wir's beim Verbrennen von Phosphor sahen; statt dessen geht Alles flüchtig in die Luft. Vor der Entzündung ein fester, unveränderlicher Körper, geht die Kohle bei der Verbrennung in ein Gas über, welches sich nur sehr schwer wieder in festen oder tropfbar flüssigen Zustand überführen läßt.

Ich führe Euch nunmehr zu einem sehr interessanten Theil unseres Thema's — zu der Beziehung zwischen der Verbrennung unserer Kerze und jener lebendigen Art von Verbrennung, welche in unserem Körper vorgeht. Ja, in uns Allen findet ein lebendiger Ver-

brennungsprozeß statt, ganz ähnlich dem der Kerze; und ich will versuchen, ihn Euch klar zu machen. Die Vergleichung des menschlichen Lebens mit einer Kerze ist nicht nur im poetischen Sinne wahr; wenn Ihr mir folgen wollt, denke ich es Euch deutlich machen zu können, daß sie auch naturwissenschaftlich berechtigt und begründet ist.

Ich habe mir dazu einen kleinen Apparat ersonnen

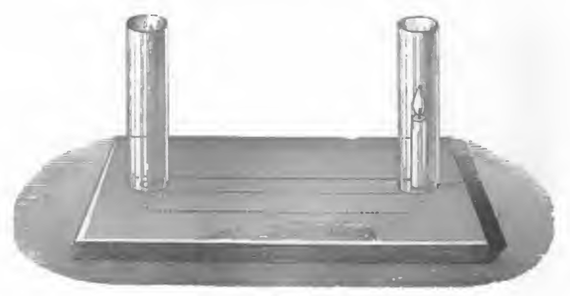


Fig. 32.

den ich gleich vor Euch aufbauen werde. Hier ist ein Brettchen, in das eine Rinne eingeschnitten ist, und diese Rinne kann ich von oben mit einer etwas kürzeren Platte zudecken, so daß auf jeder Seite eine Mündung frei bleibt; den so entstandenen Kanal kann ich ferner durch aufgesetzte Glasröhren an jeder Mündung aufwärts leiten, sodaß das Ganze einen freien Durchgang bietet. Wenn ich nun einen Wachsstock oder eine Kerze (wir dürfen jetzt frei im Gebrauch des Wortes „Kerze“

sein, seitdem wir seine ganze Bedeutung verstehen) in eine von den Röhren stelle, so wird die Verbrennung sehr gut von statten gehen. Ihr merkt, daß die Luft, welche die Flamme unterhält, in der Röhre auf der linken Seite hinabsteigt, dann durch die horizontale Rinne geht und in der Röhre am andern Ende, in der die Kerze brennt, aufsteigt. Wenn ich die Oeffnung, durch welche die Luft eintritt, verstopfe, so hemme ich alsbald die Verbrennung, wie Ihr begreift. Ich schneide die Luftzufuhr ab, und die Kerze geht aus. Aber was können wir nun weiter daran knüpfen? In einem früheren Experimente*) zeigte ich Euch, was geschieht, wenn die Luft von einer brennenden Kerze zu einer andern gelangt. Würde ich nun hier Luft, die von einer andern Kerze kommt, durch eine geeignete Vorrichtung in diese Röhre einleiten, so wißt Ihr, daß dieses Licht verlöschen müßte. Indeß, was werdet Ihr sagen, wenn ich behaupte, daß auch mein Athem die Kerze zum Verlöschen bringt? Ich meine nicht etwa durch Ausblasen, sondern einfach: die Natur meines Athems ist derart, daß die Kerze darin nicht zu brennen vermag. Ich werde jetzt meinen Mund über die Oeffnung halten und, ohne daß ich die Flamme im geringsten anblase, keine andere Luft in die Röhre gelangen lassen, als die aus meinem Munde kommt. Da seht Ihr schon das Ergebniß. Ich habe die Kerze durchaus nicht ausgeblasen; ich ließ nur die Luft, die ich ausathmete, in die Mündung des

*) Siehe Fig. 29, Seite 151.

Kanals eintreten, und das Licht auf der andern Seite verlöschte aus keinem andern Grunde als aus Mangel an Sauerstoff. Etwas anderes — nämlich meine Lunge — hatte den Sauerstoff aus der Luft fortgenommen, und so war keiner mehr da, die Verbrennung der Kerze zu unterhalten. Ich halte es für recht interessant, zu beobachten, wie viel Zeit die schlechte Luft gebraucht, die ich auf dieser Seite in den Kanal hineinathme, bis sie auf der andern Seite zur Kerze gelangt; anfangs brennt diese noch ganz ruhig weiter, sobald aber die ausgeathmete Luft sie erreicht, löscht sie aus.

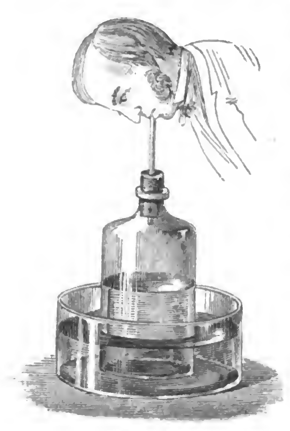


Fig. 33.

Jetzt werde ich Euch noch ein anderes Experiment zeigen, um Euch diesen wichtigen Theil unserer Untersuchung möglichst vollständig zu erläutern. Hier ist eine Glasglocke, die nichts als Luft enthält, was Ihr daran sehen könnt, daß meine Kerze oder die Gasflamme darin gleichmäßig fortbrennt. Ich verschließe sie mit einem Stöpsel und mittelst einer Glasröhre im Kork bringe ich meinen Mund so darüber, daß ich die darin enthaltene Luft einathmen kann. Wenn ich die Glocke auf Wasser setze, wie Ihr es hier seht, so

bin ich im Stande, die Luft herauszuziehen (natürlich muß der Kork ganz luftdicht schließen), sie in meine Lungen gelangen zu lassen und sie dann zurück in das Gefäß auszuathmen. Nun können wir sie untersuchen, um den Erfolg zu erfahren. Daß ich die Luft zuerst aussog und sie dann zurückathmete, konntet Ihr deutlich an dem Auf- und Niedersteigen des Wassers beobachten. Ich bringe nun einen brennenden Wachsstock in diese ausgeathmete Luft, und Ihr werdet ihren Zustand an dem Verlöschen der Flamme erkennen. Ein einziger Athemzug hat diese Luft, wie Ihr seht, vollständig verdorben, so daß es ganz nutzlos sein würde, sie nochmals einathmen zu wollen. Nun begreift Ihr auch den Grund der Unzweckmäßigkeit vieler Einrichtungen in den Häusern besonders der ärmeren Klassen, welche es bedingen, daß dieselbe Luft immer und immer wieder eingeathmet werden muß, weil der Mangel geeigneter Ventilation die Zufuhr frischer Luft erschwert. Wenn schon ein einziger Athemzug die Luft so verdirbt, wie Ihr es hier gesehen, wie wesentlich muß da für unsere Gesundheit frische Luft sein!

Um über diesen wichtigen Gegenstand noch klarer zu werden, wollen wir doch einmal sehen, was mit dem Kalkwasser geschieht, wenn es mit der Ausathmungsluft in Berührung kommt. Hier ist ein Glaskolben, der etwas Kalkwasser enthält; durch die Glasröhren im Stöpsel kann Luft hinein- und heraustreten, so daß wir die Einwirkung der geathmeten, wie der frischen

Luft bequem beobachten können. Ich kann nun entweder durch A Luft einsaugen und so in meine Lungen gelangen lassen, nachdem sie durch das Kalkwasser gegangen ist; oder ich kann die Luft aus meinen Lungen durch die bis auf den Boden gehende Röhre B treiben und ihre Wirkung auf das Kalkwasser zeigen. Gebt Acht — ich werde bei A beginnen —; jetzt habe ich also längere Zeit die äußere Luft in das Kalkwasser gezogen und dann durch dasselbe hindurch in meine Lungen; es zeigt sich aber nicht die geringste Veränderung, das Kalkwasser ist durchaus nicht trübe geworden. Nun will ich's aber umgekehrt machen, also die Luft aus meinen Lungen durch das Kalkwasser hindurchtreiben (indem ich sie durch B einblase); da seht, hier zeigt sich die Wirkung sofort, das Kalkwasser wird durch die ausgeathmete Luft weiß und milchig. „Aber dieser weiße Niederschlag im Kalkwasser ist uns ja von früher schon ganz gut bekannt," sagt Ihr, „das ist ja kohlensaurer Kalk, der bei Berührung des Kalkwassers mit Kohlensäure entsteht." Ganz Recht; es ist Kohlensäure, welche die durch das Athmen unbrauchbar gewordene Luft verdirbt; die Reaction auf Kalkwasser läßt keinen Zweifel daran.

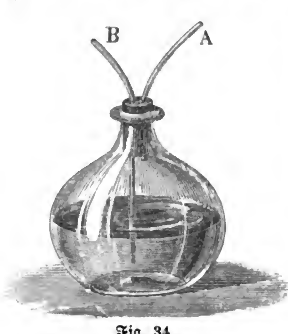


Fig. 34.

Ich habe hier zwei Flaschen, welche beide mit Kalkwasser gefüllt und durch Röhren verbunden sind, wie Ihr's hier seht. Der Apparat ist zwar nur roh, wird aber doch für unsern Zweck genügen. Wenn ich nun an diesen Flaschen hier (bei a) ein- und dort (bei b) ausathme, so bewirkt die Einrichtung der Röhren, daß die Luft in beiden Fällen durch das Kalkwasser streicht. Zunächst bemerkt Ihr nun, daß die gute Luft beim

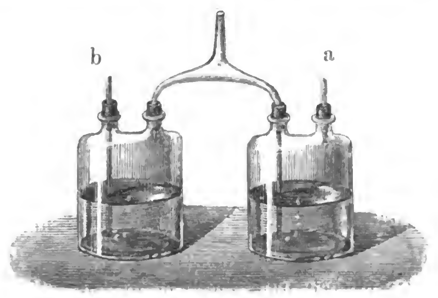


Fig. 35.

Einathmen in dem Kalkwasser wiederum gar keine Veränderung hervorbringt; und alsdann seht ihr die Wirkung beim Ausathmen: das Kalkwasser wird getrübt; und es ist doch nichts als mein Athem damit in Berührung gekommen. Der Unterschied ist wohl auffallend genug!

Gehen wir nun weiter zu der Frage: Was hat dieser ganze Prozeß zu bedeuten, der in uns vorgeht, ohne den wir nicht sein können, weder am Tage, noch

bei Nacht, und welcher vom Schöpfer so eingerichtet ist, daß er im Wachen wie im Schlaf ganz unabhängig von unserem Willen sich fortsetzt? Wenn wir den Athem dauernd anhielten — was wir aber bekanntlich nur für ganz kurze Zeit vermögen — so würden wir uns selber zerstören. Auch im Schlaf sind die Athmungswerkzeuge und die mit ihnen verbundenen Organe in beständiger Thätigkeit; so nothwendig ist der Athmungsprozeß für unser Leben, so unentbehrlich diese unausgesetzte Berührung der Luft mit unsern Lungen. Ich muß Euch diesen Prozeß in möglichster Kürze auseinandersetzen. Wir nehmen Nahrung zu uns; diese Nahrung gelangt durch die Speiseröhre zunächst in den Magen und dann weiter in die übrigen Theile des Verdauungskanals, wo die für den Körper brauchbaren Stoffe gelöst und von eigens dazu eingerichteten Gefäßen aufgesogen werden. Die so umgewandelten Nahrungsstoffe werden nun, nachdem sie zu Bestandtheilen des Blutes geworden, durch eine besondere Reihe von Gefäßen in die Lungen eingeführt und wieder herausgeschafft; gleichzeitig wird durch eine andere Reihe von Gefäßen die Luft in die Lungen ein- und wieder ausgepumpt. Luft und Nahrungsstoff kommen auf diese Art in sehr nahe Berührung mit einander; sie sind nur getrennt durch ganz dünnhäutige Scheidewändchen, wobei denn die Luft auf das Blut eine Wirkung ganz derselben Art ausübt, wie wir sie an der Kerze kennen gelernt haben. Der Sauerstoff der Luft verband sich

mit dem Kohlenstoff der Kerze zu Kohlensäure, und dabei wurde Wärme entwickelt; dieselbe eigenthümliche Umsetzung findet in den Lungen statt. Der Sauerstoff der eingeathmeten Luft verbindet sich mit Kohlenstoff (nicht Kohle in freiem Zustande, sondern hier gerade im Augenblick der Verwendung erst frei werdend) und bildet damit Kohlensäure, welche dann in die Atmosphäre ausgeathmet wird. So gelangen wir denn zu der merkwürdigen Folgerung, daß wir den Nahrungsstoff als Brennstoff anzusehen haben. Ich will ein Stückchen Zucker nehmen, und Euch daran das eben Gesagte noch deutlicher machen. Der Zucker ist zusammengesetzt aus Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff; aus denselben Elementen besteht, wie wir wissen, auch die Kerze, nur die Gewichtsverhältnisse sind andere. Der Zucker enthält:

Kohle	72	
Wasserstoff	11	99
Sauerstoff	88	

Es ist sehr merkwürdig, und es ist gut, wenn Ihr das beachtet, daß Wasserstoff und Sauerstoff sich hier genau in demselben Verhältniß vorfinden wie im Wasser, so daß man also auch sagen könnte: der Zucker besteht aus 99 Theilen Wasser und 72 Theilen Kohle. Eben diese Kohle im Zucker ist es, welche sich mit dem Sauerstoff der eingeathmeten Luft in den Lungen verbindet, also uns gleichsam zu Kerzen macht und durch diesen so schönen und einfachen Prozeß die für den

Körper unentbehrliche innere Wärme neben manchen anderen nothwendigen Wirkungen hervorbringt. Um dies noch deutlicher zu machen, nehme ich ein wenig Zucker — oder, um Zeit zu sparen, nehme ich etwas Syrup, der aus ungefähr $^3/_4$ Theilen Zucker und $^1/_4$ Theil Wasser besteht, und gieße etwas Schwefelsäure hinzu. Die Schwefelsäure nimmt aus dem Zucker das Wasser fort, mit dem sie sich kräftig verbindet, und zurück bleibt, wie Ihr seht, eine kohlschwarze Masse — wirkliche Kohle; Ihr seht, wie die Kohle sich abscheidet, und nach kurzer Zeit werden wir einen einzigen festen Kohlenklumpen in dem Gefäß haben, welcher allein aus dem Zucker stammt. Der Zucker gehört, wie Ihr wißt, zu den Nahrungsmitteln — und schwerlich hättet Ihr die Bildung von Kohle aus einem solchen erwartet. Meine Beweisführung wird indeß noch vollständiger werden, wenn ich diese aus dem Zucker erhaltene Kohle verbrenne, d. h. chemisch ausgedrückt: wenn ich sie mit Sauerstoff — Oxygen — verbinde, wenn ich sie o x y d i r e. Hier habe ich einen Körper, der kräftiger oxydirend wirkt als die atmosphärische Luft*), und die Oxydation der Kohle wird darin zwar dem Anschein nach anders vor sich gehen als beim Athmungsprozeß, im

*) Der gewöhnliche Salpeter — bekanntlich ein Bestandtheil des Schießpulvers — kann zu diesem Zwecke verwendet werden. Auch das chlorsaure Kali eignet sich gut dazu. Es enthält viel Sauerstoff und giebt denselben, wie aus dem S. 123 Gesagten hervorgeht, beim Erhitzen leicht ab.

Wesentlichen aber ist es ganz derselbe Vorgang, hier wie dort Verbrennung der Kohle durch Verbindung mit dem zugeführten Sauerstoff. Ich lasse jetzt die Einwirkung stattfinden, und Ihr seht nun sofort die Verbrennung erfolgen. Ich wiederhole es: ganz dasselbe, was in den Lungen durch den Sauerstoff der Luft geschieht, vollzieht sich hier in einem rascheren Prozesse.*)

*) Einige Nahrungsmittel gleichen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung dem Zucker, welcher Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältnisse enthält wie das Wasser. Beispielsweise ist dies auch bei der Stärke der Fall, welche den Hauptbestandtheil aller Mehlarten ausmacht und daher zu den wichtigsten Nahrungsstoffen gehört. Bei den Fetten dagegen, sowie bei den Hauptbestandtheilen des Fleisches trifft dieses Verhältniß nicht zu: sie enthalten weit weniger Sauerstoff als Zucker und Stärke. Damit sie im menschlichen oder thierischen Körper verbrennen, bedarf es einer größeren Sauerstoffzufuhr von außen, da nicht nur der Kohlenstoff zu Kohlensäure, sondern auch ein großer Theil des Wasserstoffs zu Wasser oxydirt werden muß. Wie bei der Kerze haben wir also auch in unserem Körper als Verbrennungsproducte Kohlensäure und Wasser. Beide befinden sich in der Ausathmungsluft, die erstere als Gas, das letztere als Dampf. Die Anwesenheit der Kohlensäure in der Ausathmungsluft wurde durch die im Texte angegebenen Versuche bewiesen; das Vorhandensein von Wasserdampf zeigt sich sehr leicht, wenn wir mit unserem Athem einen kalten, blanken Körper anhauchen: sogleich wird er durch einen Niederschlag von feinen Wassertröpfchen blind werden. — Auch das Beschlagen der Schlafzimmerfenster, welches man im Winter des Morgens beobachtet, rührt von dem durch die

Es wird Euch in Erstaunen setzen, wenn ich Euch mittheile, welch hohe Gewichtsmengen Kohle bei dieser merkwürdigen Umwandlung in den Lungen verarbeitet werden. Schon wenn Ihr berücksichtigt, wie eine so kleine Kerze vier bis sieben Stunden brennt und so lange auch fortwährend Kohlensäure entwickelt, werdet Ihr eine Ahnung bekommen, daß die Menge der Kohle, welche täglich in Form von Kohlensäure in die Luft aufsteigt, sehr bedeutend sein muß. Welche Masse Kohlensäure mag wohl Jeder von uns ausathmen! Welch ungeheurer Umsatz an diesem Brennstoff muß in der ganzen Natur, bei aller Verbrennung, aller Oxydation, aller Athmung stattfinden! Ein erwachsener Mann verwandelt in 24 Stunden etwa 240 Gramm, also nahezu ein halbes Pfund Kohle in Kohlensäure; eine Kuh verbraucht täglich ungefähr 2 Kilogramm Kohle, und ein Pferd $2^1/_4$ Kilogramm beim Athmen; also: das Pferd verbrennt in seinem Körper binnen 24 Stunden $2^1/_4$ Kilogramm Kohle, um während dieser Zeit seine natürliche Wärme zu unterhalten. Alle warmblütigen Thiere entwickeln so ihre Blutwärme einzig und allein durch Verbrennen der in den Nahrungsstoffen eingeführten Kohle.*) Und welcher großartige

Lungen (und die Haut) ausgeschiedenen Wasserdampf her; der letztere wurde, wenigstens theilweise, durch die Oxydation des in den Nahrungsmitteln enthaltenen Wasserstoffs gebildet.

*) Die Erzeugung der Körperwärme ist nicht die einzige Folge des im Körper stattfindenden Oxydationsprozesses. Eine

Einblick ergiebt sich daraus in die Vorgänge, welche sich in unserer Atmosphäre vollziehen! In London allein werden innerhalb 24 Stunden 548 Tonnen, also 5,000,000 Pfund Kohlensäure allein durch Athmung entwickelt. Und wo bleibt all diese Kohlensäure? Sie geht in die Luft. Verhielte sich die Kohle beim Verbrennen ebenso wie Blei oder Eisen — Ihr habt gesehen, daß diese Körper feste Oxydationsproducte liefern — was würde da geschehen! Niemals könnte in gewöhnlicher Luft eine lebhafte Verbrennung von sich gehen.

Eigenthümlichkeit des Thieres (und des Menschen) ist die Bewegung. Das Thier kann den eigenen Körper bewegen und außerdem noch äußere Lasten in Bewegung setzen: es arbeitet. Man weiß jetzt, daß jede Arbeit den Aufwand einer Kraft erfordert, welche nicht aus nichts entstehen kann. Soll eine Dampfmaschine Arbeit liefern, so müssen wir unter ihrem Kessel einen Brennstoff — Holz, Kohlen ꝛc. — verbrennen, und die geleistete Arbeit steht im geraden Verhältniß zu dem aufgewendeten Brennstoff. Geradeso bedarf der Körper des Menschen und der Thiere eines Brennstoffes zur Leistung der Arbeiten, welche ihm zugemuthet werden. Dieser Brennstoff ist die eingenommene Nahrung, von der wir ja sahen, daß sie in ihrer Zusammensetzung den gewöhnlichen Brennstoffen gleicht. Auch die Producte der Verbrennung sind in beiden Fällen dieselben. Kohlensäure und Wasserdampf, welche wir durch die Lungen ausathmen, entweichen auch aus dem Kamine einer Dampfmaschinenfeuerung. — So sind die Nahrungsmittel, welche wir aufnehmen, und welche durch den eingeathmeten Sauerstoff verbrannt werden, die Quelle, aus welcher fort und fort die Wärme des Thierkörpers und zugleich seine Arbeitsleistungen fließen. Diese Nahrungsmittel liefern uns die

Die Kohle aber wird durch die Oxydation zu einem Gas, das sich in die atmosphärische Luft erheben, sich mit ihr vermischen kann und nun von diesem gewaltigen Träger fortgeschaft wird.

Was aber wird nun aus der Kohlensäure? Wahrhaft wunderbar ist es zu sehen, daß dieses Athmungsproduct, welches für uns so nachtheilig zu sein schien, als wir seine Unbrauchbarkeit zu fernerem Athmen erkannten, — daß dieser gleiche Stoff wiederum zur Lebensquelle einer anderen Klasse von Geschöpfen wird: die Pflanzenwelt auf unserer Erdoberfläche saugt

---

Pflanzen; sie besitzen die merkwürdige Fähigkeit, aus Kohlensäure und Wasser diejenigen Stoffe zu bilden, welche zum Aufbau ihres eigenen Körpers erforderlich sind und zugleich den Thieren zur Nahrung dienen; und so zeigen sich diese beiden großen Reiche in einer höchst wunderbaren und für beide gleich nothwendigen Wechselwirkung. — Die Pflanzen aber bedürfen zur Ausübung ihrer Lebensfunctionen eines mächtigen Agens, und dieses ist kein anderes als das Licht der Sonne. Eine Pflanze, welche den Sonnenstrahlen entzogen wird, verkümmert bald und geht zuletzt zu Grunde. Und genaue Untersuchungen haben zweifellos ergeben, daß nur unter dem directen Einflusse des Sonnenlichts jener wichtige Prozeß in den Pflanzen sich vollzieht. Das Sonnenlicht ist also die eigentliche Quelle allen Lebens auf der Erde. Es vermittelt den großen Kreislauf, welcher den Kohlenstoff und den Wasserstoff — und nebenbei noch einige andere Stoffe — zuerst zu Bestandtheilen der Pflanze und dann zu solchen des Thierkörpers macht, damit sie dann, von den Thieren ausgeschieden, wiederum in den Pflanzenkörper gelangen, und so den Lauf von neuem beginnen.

die Kohlensäure als Nahrungsstoff ein. Und auch unter der Oberfläche, in den großen Wassermassen der Meere und Seen findet derselbe Austausch statt; die Fische und anderen Seethiere athmen im Wasser in eben dieser Weise, wenn auch nicht in unmittelbarer Berührung mit der freien Luft.

Seht da diese Goldfische in der Glaskugel! Sie ziehen fortwährend das Wasser durch ihre Kiemen hindurch und athmen dabei den Sauerstoff ein, welchen das Wasser aus der Luft aufgenommen hat, und Kohlensäure athmen sie aus.

Und so sehen wir denn Alles sich regen zu dem einen großen Werke, die beiden lebendigen Reiche der Schöpfung einander dienstbar zu machen. Alle Bäume, Sträucher und Kräuter der Erde nehmen Kohlenstoff auf; sie nehmen ihn durch die Blätter aus der Luft, in die wir und alle Thiere ihn in Gestalt von Kohlensäure entsendet haben, und sie wachsen und gedeihen darin. Gebt ihnen ganz reine Luft, wie sie uns am dienlichsten ist — sie werden dahinwelken und absterben; gebt ihnen Kohlensäure, und sie werden wachsen und sich wohlbefinden. Alle Kohle in diesem Stück Holz, ebenso wie in allen Pflanzen, stammt aus der Atmosphäre, welche die Kohlensäure aufnimmt, die uns schädlich, jenen aber nützlich ist — was dem Einen den Tod brächte, dem Andern bringt es Leben. Und so sehen wir Menschen uns abhängig nicht nur von unseren Nebenmenschen, sondern abhängig von aller Mitkreatur,

sehen uns mit dem All der Schöpfung zu einem großen Ganzen verbunden durch die Gesetze, nach denen jedes Glied zum Heile der anderen lebet und webet und schafft.

Bevor wir nun zum Schluß kommen, muß ich Eure Aufmerksamkeit noch auf einen Umstand lenken, der bei allen unseren chemischen Arbeiten eine wichtige Rolle spielt. Ich zeigte Euch kürzlich Blei-Pyrophor, der sich entzündete; Ihr saht, daß er gleich beim Zerbrechen der Röhre, als er kaum mit etwas Luft in Berührung gekommen, und ehe er noch aus dem Röhrchen heraus war, Feuer fing. Nun, das geschah in Folge chemischer Verwandtschaft — dieser den Elementen innewohnenden Hinneigung zu einander, vermöge welcher alle chemischen Prozesse, die wir ausführen, vor sich gehen. Beim Athmen wirkt sie in unseren Lungen, beim Brennen unserer Kerze in der Flamme; und hier wirkt sie zwischen dem Blei und dem Sauerstoff der Luft; stiege auch hier das Verbrennungsproduct des Bleies von der Oberfläche in die Luft auf, so würde immer wieder eine neue Schicht Feuer fangen und das Blei ganz bis zu Ende verbrennen. Wie ganz anders aber verhält sich die Kohle! Während wir dort bei der ersten Berührung der Luft sofortige Entzündung beobachten, bleibt die Kohle Tage, Jahre, Jahrhunderte lang unverändert an der Luft liegen. Die in dem verschütteten Herkulanum aufgefundenen Schriften waren mit einer Tinte geschrieben, welche Kohle enthielt, und sie haben sich über 1800 Jahre unverändert erhalten,

haben durch den Einfluß der Luft nicht im geringsten gelitten, obwohl sie mit ihr in vielfache Berührung kamen. Nun, worin besteht also diese große Verschiedenheit der Kohle von jenem andern Körper? Es ist eine wirklich erstaunliche Erscheinung, daß gerade der Körper, der von der Natur recht eigentlich zum Brennstoff bestimmt erscheint, auf seine Entzündung wartet! Unsere Kohle fährt bei Berührung mit der Luft nicht flammend auf wie jenes Bleipräparat und noch so mancher brennbare Körper, den ich Euch hätte zeigen können, sondern sie wartet ihre Verwendung ab. Ist dieses Warten nicht eine absonderliche, eine ganz wunderbare Eigenschaft? Unsere Kerze fängt nicht von selbst Feuer an der Luft, geräth nicht auf einmal in Brand, wie jenes Bleipräparat; sie wartet Jahre, sie wartet ganze Zeitalter ab, ohne einer Veränderung zu unterliegen, bis wir sie in Thätigkeit setzen. Drehe ich den Hahn hier an der Gaslampe auf, so strömt das Gas kräftig aus dem Brenner aus; aber Ihr seht, Feuer fängt es nicht an der Luft — es tritt heraus in die Luft, wartet aber, bis ich es entzünde; und blase ich die Flamme wieder aus, so strömt es abermals ohne zu brennen heraus und wartet von neuem, bis ich meinen Wachsstock daran halte. Ich muß die Kerze oder das Gas erst erwärmen, wenn es sich entzünden soll. Dabei ist es merkwürdig, wie die verschiedenen entzündlichen Stoffe verschiedener Hitzegrade bedürfen, damit sie sich entzünden; manche brauchen nur geringe

Temperaturerhöhung, andere verlangen stärkere Erhitzung. Hier habe ich z. B. zwei explodirende, also sehr kräftig feuerfangende Substanzen, Schießpulver und Schießbaumwolle; sogar diese weichen in den Temperaturgraden ab, bei denen sie sich entzünden. Das Schießpulver besteht aus Kohle und einigen andern Stoffen, die es sehr leicht brennbar machen; und die Schießbaumwolle wird durch eigenthümliche Behandlung aus der gewöhnlichen Baumwolle angefertigt, enthält also ebenfalls viel Kohle, denn die Baumwolle stammt ja aus dem Pflanzenreiche. Beide entzünden sich nicht von selbst; und sie werden bei verschiedenen Hitzegraden, oder sonst unter verschiedenen Bedingungen in Thätigkeit versetzt. Berühre ich diese beiden Substanzen mit einem heißen Draht, so werdet Ihr sehen, welche sich zuerst entzündet. Da seht — die Schießbaumwolle ist explodirt, während selbst der heißeste Theil des Eisendrahtes das Schießpulver nicht zu entzünden vermag. Wie schön zeigt sich an diesem Beispiel die Thatsache, daß verschiedene Körper zur Entwickelung ihrer eigenthümlichen Thätigkeit verschiedene Bedingungen verlangen! Der eine Körper wartet es ruhig ab, bis die gehörige Wärme seine Thätigkeit weckt; der andere aber wartet gar nicht — wie es beim Athmungsprozeß der Fall ist. Sofort beim Eintritt der Luft in die Lungen verbindet sich der Sauerstoff mit der Kohle; noch bei der niedersten Temperatur, welche der Körper ertragen kann, wenn er selbst dem Erfrieren nahe ist,

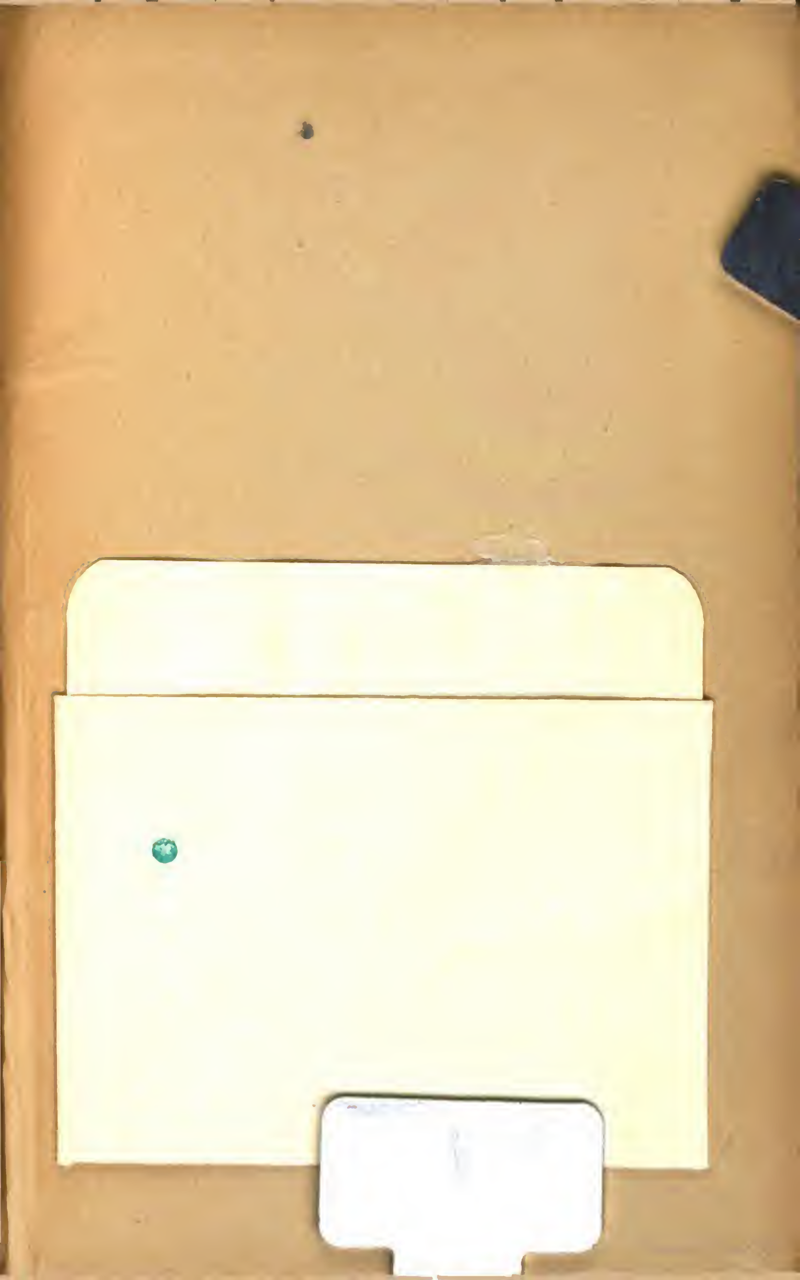
findet die Wirkung des Athmens ohne weiteres statt: es wird Kohlensäure gebildet, und alle Functionen gehen ihren normalen Gang.

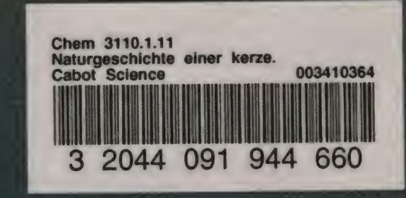
So werdet Ihr erkennen, inwieweit Athmung und Verbrennung übereinstimmen.

Und so wünsche ich Euch denn zum Schluß unsrer Vorlesungen, daß Ihr Euer Leben lang den Vergleich mit einer Kerze in jeder Beziehung bestehen möget, daß Ihr wie sie eine Leuchte sein möget für Eure Umgebung, daß Ihr in allen Euren Handlungen die Schönheit einer Kerzenflamme wiederspiegeln möget, daß Ihr in treuer Pflichterfüllung Schönes, Gutes und Edles wirket für die Menschheit.



Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.




Chem 3110.1.11
Naturgeschichte einer kerze.
Cabot Science
003410364
3 2044 091 944 660